시점확인 미검증 2025/02/28 14:51:31 KST 정부시점확인센터

The ASTRA Project 기획보고서

(한계도전프로젝트)

Advanced Science & Technology Research Agency Project

2025. 2

iris

과학기술정보통신부

◎ 수정·보완 요청사항 반영내용

수정 · 보완 요구사항	반영사항	*pages*
• 미국 이외의 일본의 MOONSHOT 등 주요국의 유사 프로그램이 성공적으로 정착할 수 있었던 요인에 대한 분석 필요	• 실패가 용인되고 실패과정에서 발견된 시행착오를 줄여나가면서 혁신도전형R&D 이므로 보고선 전반적인 내용이 글로벌 혁신도전R&D 생태계를 표방하여 우리 R&D 시스템의 개선방향을 전달하고자 하였음	요약문 p.3, 4~5 본문 p.94
• 책임PM의 자율적 권한이 도전적 성과로 연계되는 과정을 구체화하고, 우리나라 환경을 고려한 리스크 관리, 정착 방안 등에 대한 추가 고민 필요	• 현재 한계도전센터 PM의 도움을 받아 사례추가함	본문 P.212
• 책임PM의 권한 범위를 구체화하고, 책임PM에 대한 견제 장치 방안 마련 필요	• 책임PM 권한과 책임에 대한 견제장치는 마련하여 반영하였음	본문 P.256, p.288
• 1단계 성과지표가 특허창출로만 설정된 부분에 대한 설명 필요	• 그림 5-7의 최초의 성과 부분을 참고가 필요하여 과학기술적 성과는 특허 부분만 계상하고 있으나, 경제적,과학기술문화 부문으로 나누어 세부성과지표(최초의 성과)가 동 사업의 목표를 달성하는 체제를 설명하고자 하였음	본문 p.293
• 생태계 변화촉진 정도가 사업참여 만족도로만 측정될 수 없기 때문에 보완 필요	• 생태계 변화촉진은 우리 과학기술계에 얼마나 많은 도전적 연구가 일어났는냐, 즉 얼마나 많은 연구자가 도전적R&D를 성과를 창출하였느냐로 대변할수있다고 사료되어 우수연구자 확보를 성과목표를 설정하여 설명하고 있음	본문 p.293
• 기존의 유사한 프로그램형 사업에 대한 예타평가 의견들에 대비가 되었는지에 대한 종합적인 설명 필요	• 기획사 및 다양한 유사사업의 질의내용을 참고하여 동 사업의 기획에 반영하였음 예1) 구체적인 성과지표와 사업목표 예2) 구체적인 지원분야 및 Item 설정과정 분야별 후보 Item 등	본문 제5장 성과지표 설계부분, 제6장전체
• 자문회의에서 발표된 도전혁신형 R&D 사업 관련 정책을 강조하고 유사사업(알키미스트 및 한국형 ARPHA-H)의 차별성을 더욱 분명히 표현할 필요	• 동 사업의 차별성과 특징 등은 요약문과 강조 표기하였음	요약문 p.77
• 참여연구원 수가 제출문에는 8명, 요약문에는 10명으로 되어 있어 확인 필요	-	중도퇴사 추가참여연구진을 포함한 연구진으로 사료됨
• 영문과제명에 대한 재작성 필요하며, 연구수행과정에 대한 기술은 보고서에 담겨 있지 않음	-	The ASTRA 수정반영

수정 · 보완 요구사항	반영사항	*pages*
• 제시된 보고서에서는 과제별 지원규모와 기간에 있어 각각 10년, 3년으로 설정하고 이에 대한 근거로 우수성과 사업을 들었으나, 오히려 한계도전 특성을 갖고 있는 타 사업과의 비교가 적절함 • 또한 제시된 분야(물질, AI, 에너지 등)의 특성을 고려할 때, 연구기간이 지나치게 단기적이 아닌지 검토 필요	• 단계별 기간은 3년이나 센터장과 PM의 판단에 따라 최대9년 까지 예산 규모안에서 자율적으로 지원가능하도록 설계됨	요약문 p.17~18
• 가장 문제가 되는 사항은 평가지표 설계로, 기존 특허, 기술이전 등의 지표가 과연 한계도전 과제의 성과로 간주하는 것이 적절한지에 대한 검토 필요(생태계 변화 촉진 정도를 만족도 조사로 파악하는 것도 비합리적임)	• 성과지표 설정은 우리 성과평가검증체계와 유사사업의 성과지표를 참고하였으며, 예타기획의 특성과 동 사업의 특성을 최대한 반영하여 타협적으로 설정하게되었음	
• 한계도전R&D 정의(p.217)에서 사업 수행 방식(거버넌스) 측변의 책임PM의 역할이 들어가는 것은 적절치 않은 것으로 보임 • 과학기술적, 정책적 관점으로 국한한 정의를 먼저 제시하고 거버넌스에 대해서는 따로 부연하는 방식 고려 바람 • 또한 ‘국가대표’라는 레토릭도 엄밀한 정의에 포함될 용어라 보기에는 어려움	• 동 사업은 미국의 DARPA 성공체제를 벤치마킹한 사업으로 DARPA의 특징을 최대한 표한하고자 한 설정임 • 국가대표 용어 삭제 함	p.217
• 현 유사 사업(알키미스트, 혁신도전, 과학난제 등)과의 차별성이 현재 제시된 거버넌스 차원만이 아니라 과학기술적 도전과 가치 측면에서 보다 분명히 서술될 필요가 있음 • 예타조사의 과학기술적 필요성 측면에 대응할 수 있도록 또한, 현재 진행중인 한계도전 프로젝트가 본 예타사업의 파일럿 성격이 있으므로 이 사업의 성과와 보완방안에 대해서도 보다 구체화하여 상술할 필요가 있음	• 파일럿 사업의 초기 과정인 점을 고려하고, 연구의 기밀성을 감안하여 상세히 기술하지는 않았으나, 동 사업의 기획은 파일럿 프로그램의 성과와 한계 점을 고려하여 과제의 규모 SETA조직 등을 반영하고 있음	-
• 사업비전(p.239)에서 “과학기술 4대강국 도약”이 본 사업의 비전으로 볼 수 있을지 의문 • 본 사업 외적 요인이 더 많이 작용하는 국가수준의 비전보다는 본 사업으로 달성가능한 미래상태에 대해서만 합리적인 수에서 제시하는 것이 필요	• 과학기술 4위권 목표 설정은 국가과학기술혁신역량평가(COSTII)의 현재 우리나라 5위인 점을 고려하여 4위로 설정함	출처: https://www.k2base.re.kr/costii/ko/countryProfile.do

수정 · 보완 요구사항	반영사항	*pages*
• 책임PM이 과학기술적 관점에서 사업을 진행하기 위해서는 연구재단보다는 과학기술부로부터 어느 정도나 독립적으로 활동하느냐가 더 중요할 것으로 보임 • 이러한 관점에서 현재 거버넌스(p.240~)에서 부처로부터 독립적으로 운영될 수 있는 장치나 기구에 대한 보완이 필요할 것으로 판단	• 해당 부처의 연구재단의 논의가 필요한사항으로 우리 사업에서도 독립적 의사결정 기구를 포함하고 있음	본문 p.244 (표5-1) 참고
• 사업체계에서 일괄적으로 4년 이내 10억 원 지원, 이후 스케일업 진행이라는 틀의 합리성에 대한 질문이 예타 조사 중 제기될 것으로 예상 • 한계도전이라는 특성을 고려하면 3년 이후 후속 연구 진행 등 다양한 지원체계를 유연히 구성하도록 추진체계 변경 필요	• 해당 지적 내용은 동 사업 진행과정에서 책임PM과 센터장의 역할로 유연한 지원체계 구축이 동 사업의 핵심 쟁점이 될 것으로 판단됨	본문 P.246
• 분야당 9개 주제, 주제당 4개 과제(3년) 지원 근거에 대한 보완 필요	• 현 시범사업의 진행 경과에 따른 책임PM 명당 관리가능한 과제 수와 규모 등을 의견을 중시하였으며, 유사 혁신도전형 사업의 과제 규모를 반영하여 최종 설정하였음	-
• 기존 산업부PM 조직의 운영이 제대로 되지않은 배경에는 예산권이 있는 부처와 관련기관의 관리와 통제가 일정 부분 작용한 것임 있음 • 본 사업에서 책임PM의 역량과 자율적 활동 보장이 중요한데 반해 이를 보장해 줄 수 있는 한계도전전략센터장의 권한과 역할, 예산권을 쥐고 있는 상위부처로부터의 독립성 등에 대해서는 별다른 방안이 제시되어 있지 않으므로 보완이 필요	• 해당 부처의 연구재단의 논의가 필요한사항으로 우리 사업에서도 독립적 의사결정 기구를 포함하고 있음 • 정해진 예산규모에 따라 센터장과 책임PM의 논의를 통해 설정하게 될것으로 사료됨	-

요 약 문

Ⅰ. 배경 및 필요성

1 글로벌 패권 경쟁우위를 위한 최고기술 확보 필요

❑ **우리나라는 노동·자본·생산성 등 모든 구성 지표의 부진으로 잠재성장률이 하락하고 있으며, 성장률 제고를 위해선 과학기술 확보가 중요**

< 한국 잠재성장률 추이 >



구분	연평균 잠재성장률
80년대 (`81~`90)	9.7%
외환위기 직전 (`91~`97)	7.3%
외환위기 이후 (`97~`08)	5.1%
금융위기 이후(`09~`19)	3.0%
코로나 이후(`20~`28)	2.2%

* 자료: 현대경제연구원
* 주: 잠자성장률은 HP필터링 방법을 사용하여 추정, 원자료 중 '81~'22년 GDP는 실적차, '23~'28년 GDP는 전망치

❍ 국가 잠재성장률의 하락은 노동력 감소를 상쇄할 수 있는 자본 투자와 생산성 혁신이 한계에 도달하였음을 시사하며 해결 방안으로 과학기술 혁신을 통한 생산성 향상이 대두

- 기존 목표와 성공 공식이Ⅱ“ 명확했던 추격형 전략방식에서 벗어나 새로운 도전을 장려하고 도전적인 선도형 연구로의 전환을 통한 과학기술 혁신이 필요

➟ 호주 국책 연구기관인 ASPI 또한 글로벌 기술 경쟁우위 선점 및 기술격차 완화를 위해선 고위험, 고수익 분야에 대한 투자 및 혁신적인 사고가 필요함을 제언

❑ **미·중 간의 기술 패권 경쟁의 본격화, 글로벌 공급망 재편 등 대내외 환경변화에 따른 글로벌 기술 경쟁 심화로 자국의 기술 주권 확보 전략 수립 강화 추세**

❍ 미래산업 선도와 국가 경쟁력 강화를 위해선 지속적인 성장동력이 필요하며 이를 위한, 끊임없는 과학기술 확보가 필요

- 글로벌 주요국들은 기술 패권 경쟁우위 선점을 위하여 과학기술 혁신에 투자를 확대하고 있으며 대형 R&D 수행으로 미래 성장동력 확보를 기대 중

❍ 세계 최고기술 선점을 통해 新 비즈니스 모델 구축 및 新 산업 조성으로 글로벌 시장에서의 주도적 역할 수행과 글로벌 영향력 강화 가능

- 기술 블록화가 본격화될 시 자국의 혁신과 성장을 주도할 기술을 보유하지 못한다면, 기술 종속 및 글로벌 기술 결속 구도에서 소외될 것으로 예상

2 세계 최고기술 부재, First Mover로의 전환 필요

❑ 우리 과학기술 수준은 '22년 사상 처음으로 중국에 역전당했으며, 50개 국가전략기술 중 최고기술은 4개로 대부분 반도체·디스플레이, 이차전지 분야

❍ 기존 경쟁우위에 있던 산업인 반도체·디스플레이, 이차전지를 제외하면, 기술패권 경쟁에서 우위를 선점할 최고기술을 확보하지 못하고 있다는 것이 현실

- 호주전략정책연구소(ASPI)에 따르면, 우리나라가 경쟁우위에 있는 반도체·배터리 분야에서도 최고기술을 확보하지 못한 것으로 조사되며, 글로벌 시장 점유율 또한 하락 추세인 것으로 파악

➡ 첨단 집적회로 설계 및 제조 기술, 첨단 자석 및 초전도체 기술 등 산업 핵심기술 순위에서 우리나라는 5위에도 들지 못한 것으로 확인

< 2022년 과학기술수준평가 결과 >

구분	한국			중국			일본			EU			미국		
	`18	`20	`22	`18	`20	`22	`18	`20	`22	`18	`20	`22	`18	`20	`22
기술격차	3.8	3.3	3.2	3.8	3.3	3.0	1.9	2.0	2.2	0.7	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0
기술수준	76.9	80.1	81.5	76.0	80.0	82.6	87.9	87.3	86.4	94.8	95.6	94.7	100.0	100.0	100.0

수준구간	미국	한국	중국	일본	EU
최고기술	43개	4개	3개	6개	3개
90% 이상	5개	9개	13개	7개	32개
80~90%	2개	24개	26개	27개	13개
80% 미만	-	13개	8개	10개	2개

* 출처: 2022년도 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, 2024.02.

< 핵심기술의 최고기술 보유국 현황 >

구분	한국	중국	미국	합계
세계 최고 기술 개수	0	53	11	64

* 출처: https://www.aspi.org.au/report/critical-technology-tracker

❍ 과거 우리나라는 빠른 추격형 전략으로 세계 시장을 석권한 경험이 있으나, 상시적인 연구 투자 생태계가 아님에 따른 하락 추세인 것으로 파악됨

- 기존 주력산업들의 성장 속도 둔화와 기술 비교열위의 원인은 과거의 Fast-follow 성장전략을 탈피하지 못하고 있는 것에 존재

<빠른 추격형 전략으로 우리기술이 세계시장 석권 사례>

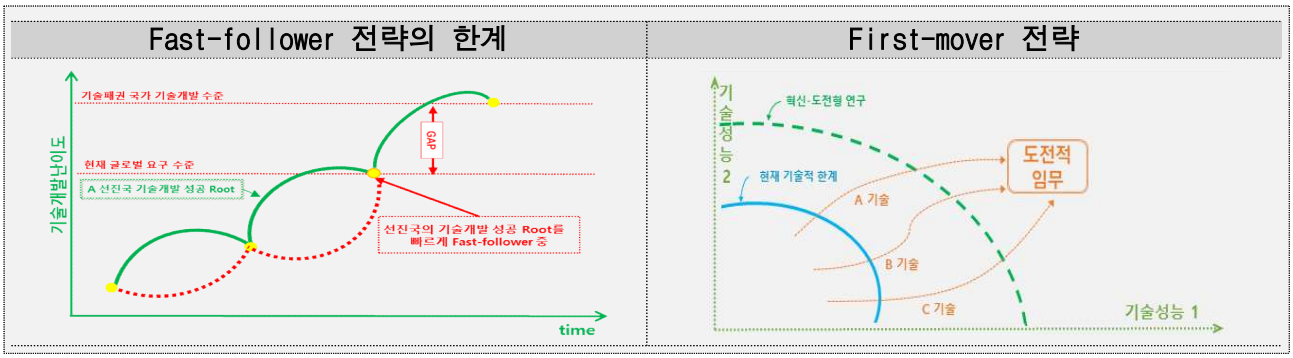
▸ 빠른 추격형 R&D로 성공한 사례는 있으나, 상시적인 시스템이 아니라는 것이 문제

원천기술	연구기간	총연구비	연평균연구비	세계시장 점유율	점유기간
DRAM	`86~`97 (12년)	2,779	232	1위 (`22년 71.3%), 출처: IC Insights)	`98~현재
CDMA	`89~`96 (8년)	996	125	1~2위 (출처: IDC)	`12~현재
HDTV	`90~`00 (11년)	1,788	163	1위 (출처: `22/1분기 50.6%, oimdia)	`04~현재
TFT-LCD	`95~`01 (7년)	1,822	260	1위 (`22년 40.2%, 생산능력 기준)	`00~`18
평균	10년	1,846	185		

❑ 세계 최고기술 확보를 위한 근본적인 해결 방법으로 기존 추격형 전략방식에서 벗어난 한계도전형 R&D track이 필요

❍ 글로벌 기술 경쟁 심화에 따른 기술주권 확보 및 국가경쟁력 제고를 위한 유연하고 선진적인 연구개발 체계로의 전환 필요

- 과학기술적 우위 달성을 위한 혁신적 연구 수행을 목적으로 국가 경쟁력 강화에 필요하나 실패 위험성이 높은 혁신적 연구지원을 통하여 끊임없는 혁신성장 생태계 조성 필요



❑ 주요국은 글로벌 기술패권 경쟁우위 확보를 위해 끊임없는 혁신을 통해 창출되는 R&D 생태계 조성에 노력

❍ 국가 차원에서 미래 성장동력을 지속 확보하기 위한 변혁적 기술* 확보 경쟁이 치열하게 가속화될 전망

* 기존의 한계를 넘어 세상을 변화시킬 수 있는 새로운 기초·원천 기술

- 글로벌 패권 전쟁에서 경쟁우위를 차지하기 위해서 전략적인 기술확보 정책이 추진되고 있고, 주요 글로벌 선도국에서도 핵심기술 분야에 대한 대규모 연구개발 투자 추진

- 미래 사회·경제적 파급효과가 매우 큰 초고난도의 연구개발을 통해 국가 차원의 문제해결과 미래 新산업 창출 선도 가능

➟ 이를 위해 실패를 비난하지 않는 연구 환경 및 유연한 연구방식을 바탕으로 '연구자의 창의성과 자율성을 극대화할 수 있는 R&D' 지원 필요성 대두

❍ 세계 주요국들은 美DARPA·日ImPACT·獨SPRIND 등을 통해 실패를 비난하지 않는 도전적 연구를 지원하며 사회변화를 이끄는 혁신적 성과 창출 중

- 변혁적 기술은 대규모의 투자 비용과 고위험의 기술 특성으로 인해 시장실패 가능성이 높아 장기간의 걸친 전략적 연구 지원이 필요하나 현재 우리나라의 고난이도 목표 달성을 추구하는 R&D 사업의 경우, 효율성, 효과성, 타당성 등이 강조된 연구제도 안에서는 한계점이 존재

➟ 기존에 익숙한 연구개발 방식 활용과 고난이도 목표 달성에 필요한 다양한 방법론 및 시도가 부족하여 고위험·혁신형 R&D사업을 통한 혁신적 성과 창출 저조

3 우리나라 R&D 제도의 한계점

❑ 혁신적 연구개발을 위한 R&D 생태계 조성을 위해선 국가연구개발사업의 구조적 문제해결이 필요

❍ 현재의 연구개발 체계로 실패를 용인하는 혁신·도전형 사업 수행 시, 기존의 구조적, 제도적 문제를 그대로 학습하여 변혁적 연구개발 수행에 어려움이 있을 것으로 판단됨에 따라, 시스템 혁신이 필요

- 실패를 회피하지 않고 위험을 감수하는 문화를 연구개발 생태계에 확산할 수 있는 연구 환경 조성이 필요

❍ 現 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	• 축적(stock) 아닌 흐름(flow) 문화 • 실패를 두려워하는 문화(리스크 회피 문화) • 장기·안정적 연구문화로 도전적 연구주체 발굴 미흡 • '유행가' 연구문화 - 정부(정권)의 일관성 부족에 기인 • 정부 주도의 연구문화 - 민간주도의 창의적 연구 문화 부재
미국	• 자유·자율·독립의 연구문화 • 도전적·혁신적·변혁적 문화로 변화 • 제5의 문명발상지 '실리콘밸리'의 창의·혁신·도전 문화
일본	• 장인존중·한 우물 파기 연구문화 • 코펜하겐 정신(자유로운 연구기풍)의 연구문화 • 모노쯔꾸리 제조업 중시 문화
독일	• 세계 히든 챔피언 시장을 휩쓰는 '한 우물 파기' 연구문화 • 산·학·연 클러스터 연구문화 • 민간의 창의성 존중 연구문화 - Industry 4.0은 민간에서 작성 • 분권·개방·맞춤의 연구문화 - 제4차 산업혁명의 발단 조성
이스라엘	• 창업국가(Start-up) 이스라엘 - 글로벌 수준의 벤처창업 생태계 조성 • 후츠파·하브루타 정신 기반의 연구문화 - 창의·혁신·도전 • 실패를 두려워하지 않는 혁신(요즈마) 연구문화

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

- 변혁적 연구성과 확보를 위해선 장기간의 기술 축적이 필요하나 기존 연구개발 체계인 개별적 사업단은 사업 종료 시점에서 축적된 경험과 기술이 단절되어 성과 관리체계의 개선이 필요

- 현재의 출연금(Grant) 방식의 지원 또한, 연구자의 자율성과 창의성을 높일 수 있으나, 임무 달성을 위한 지속적인 관리는 취약한 것으로 판단

<DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형>

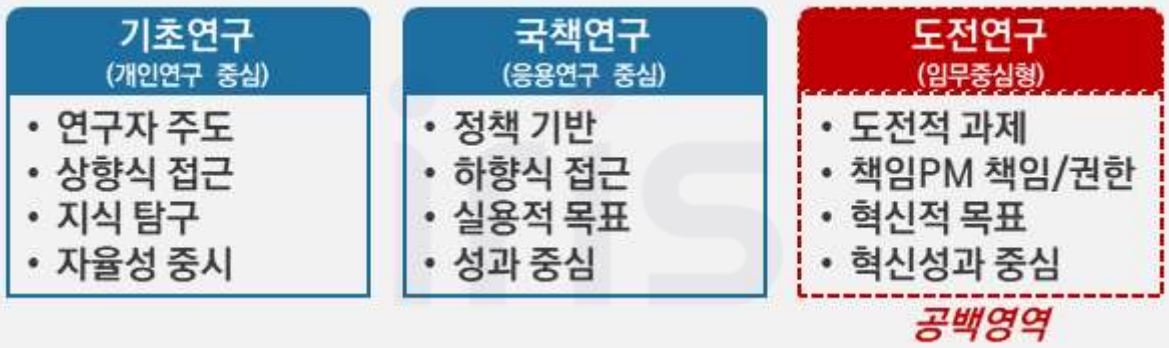
그랜트(Grant)	협력 계약(Cooperative Agreement)
• 연구기관이 선정된 이후에 출연금 형태로 연구비 지급 • 이후의 연구 진행은 연구자가 주도권을 가지고 수행하며, 관리기관의 관여 적음	• 연구기관 선정 이후 연구비 지원 계약을 다시 체결하여 연구비 지급 • 각 연구 단계별 목표 조율, 주기적인 진도 관리 등 관리기관의 관여가 적극적인 유형

❍ 우리나라의 국가 연구개발 사업의 포트폴리오 구성에서 혁신적 연구성과 창출을 위한 임무중심형 R&D 사업체계가 부재

- 기존 국가 과학기술연구는 개인연구 중심의 기초연구와 응용연구 중심의 국책연구로 나눌 수 있으며, 혁신적 목표를 위한 연구는 공백영역임에 따라서, 혁신 성과를 창출하는 도전적 과제를 수행하기 위한 도전연구 트랙이 필요한 상황

- 연구자의 '자율과 창의' 기반의 기초연구와 더불어, 임무중심형 혁신적 성과 창출을 위한 도전연구 지원 프로그램을 신설해야 국가 과학기술R&D 투자 포트폴리오의 효과성을 높일 수 있음

<국가 과학기술 R&D 포트폴리오>



4 미국 DARPA를 벤치마킹한 주요국

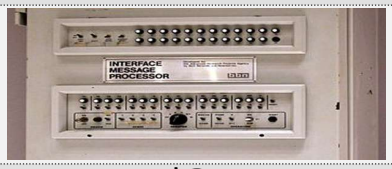
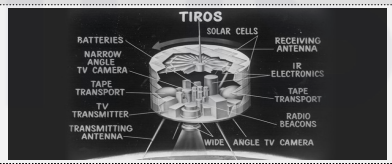
❑ 전 세계적으로 파급력 높은 변혁적 기술개발을 가장 많이 수행한 조직은 미국의 방위고등연구계획국(DARPA)

❍ DARPA는 국가안보를 목적으로 첨단기술의 혁신을 이끈 연구개발 관리조직으로 국가 경쟁력 강화에 필요하나 실패 위험성이 높은 혁신적 연구를 지원하여 끊임없는 혁신성장 생태계 구축

- DARPA는 연구자의 아이디어를 존중하며 가치 있는 실패를 장려하는 시스템 구축으로 도전·혁신적 연구개발의 발판을 마련하였으며, DARPA의 가장 혁신적인 요소로 뽑히는 것은 PM 주도의 R&D 운영

➟ PM에게 무한한 자율성을 보장하는 강력한 권한 부여로 프로젝트를 관리하며, PM은 자신의 혁신적인 아이디어를 추진하고 인재와 아이디어를 선별·육성하는 것이 주요 업무

< DARPA 프로그램을 통해 창출된 혁신 성과>

ARPA-NET → NSF-NET → 인터넷	GPS → 내비게이션, 구글맵	AI 음성인식 → SIRI
		
마우스	**기상위성**	**스텔스**
		

❍ 글로벌 주요국들은 국가 경쟁력 제고를 위해 혁신적 성과를 창출한 DARPA 모델을 벤치마킹한 도전·혁신형 R&D를 추진하며 우리 또한 벤치마킹 수행

< DARPA를 벤치마킹한 해외 프로그램>

국가명	구분	주요 내용
미국	HSARPA(안보)	• (`02) 테러 대응 및 방지를 목적으로 하는 단기간 실증/개발에 초점
	IARPA(정보)	• (`07) 정부수집 및 통합 분석을 위하여 다양한 방식의 토너먼트와 경쟁 위주의 연구개발 수행
	ARPA-E(에너지)	• (`09) 에너지 문제해결을 위한 도전적 연구개발에 집중
	ARPA-H(보건)	• (`22) 혁신적인 생물 의학 및 건강 혁신을 위한 연구개발 지원
호주	ASRA	• (`22) 방위 및 국가안보를 위한 과학적 조언 및 혁신적 솔루션 제공을 위한 연구개발 지원
영국	ARIA	• (`23) 고위험, 고수익 과학기술 개발을 위한 지원

❍ 세계를 바꾸는 혁신 기술의 개발 속도는 점차 빨라지고 있으며 기존 경쟁우위를 선점한 선도 기업에서 끊임없는 혁신 기술개발이 이루어지고 있는 것으로 파악됨

- 경제·사회적 파급력이 크고 세상을 바꿀 수 있는 혁신 기술개발의 시기는 점차 빨라지고 있으며, 최초의 기술개발 기업이 시장을 선도하여 후발주자 간의 격차를 공고화하는 것으로 파악

< 기술의 발전 속도>

기준년도	주요 내용	주요 기술
기원전 1만년	농경 기술개발	작물 경작의 시작(밀, 보리, 쌀 등)
	▼ *9,000년 후*	
기원전 1,000년	산업의 시작	관개 농업 →지역별 농경지에 따라 전문화된 농경기술 발전
	▼ *3,000년 후*	
1760년	1차 산업혁명	증기기관, 대량생산 및 기계 발명
	▼ *110년 후*	
1870	2차 산업혁명	전기/석유/화학/철강/자동차 발전
	▼ *70여년 후*	
1942	원자력 발견 및 개발	(`42) 원자핵분열, 원자로 개발 → (`54) 원자력 에너지 활용
	▼ *4년 후*	
1946	컴퓨터 개발	미 육군의 지원으로 ENIAC 개발
	▼ *20여년 후*	
1969	인터넷 개발	DARPA의 ARPANET을 기원
	▼ *9년 후*	
1978	위성항법시스템 GPS 개발	DARPA의 TRANSIT을 기원
	▼ *11년 후*	
1989	체스 AI Deep Blue 개발	기업 IBM은 체스에 특화된 인공지능 컴퓨터 개발
	▼ *24년 후*	
2013	인간형 로봇 ATLAS 개발	DARPA 로봇틱스 챌린지를 통하여 ATLAS 기능 강화
	▼ *2년 후*	
2015	양자컴퓨터(5큐비트) 개발	IBM, 5큐비트 수준의 범용 양자컴퓨터 발표
	▼ *6 년 후*	
2021	양자컴퓨터(100큐비트) 개발	양자컴퓨팅의 선도기업인 IBM이 세계 최고로 개발
	▼ *2년 후*	
2021	극초음속 기술 등 개발	DARPA, 음속보다 5배 빠른 극초음속 무기 시험 성공
	▼ *2년 후*	
2023	CHAT GPT	OpenAI, 초거대 인공지능 모델 GPT4.0 서비스 시작

5 한계도전 R&D 프로젝트 추진

❑ 혁신적인 기술이 끊임없이 공급되는 선순환적인 연구개발 체계 확보로 세계를 선도할 과학기술 확보를 위한 한계도전 R&D 프로젝트 추진

❍ 연구자의 창의성과 도전성이 발휘될 수 있는 연구 환경 조성과 연구자의 주도적 역할 수행이 가능한 제도 기반 마련 수행

- 기존의 성과평가제도는 연구자 개인의 노력과 형식지(explicit knowledge)에 집중하고 있으나 변혁적 연구개발을 위한 혁신·도전적 R&D의 성공적 수행을 위해선 연구와 실패의 축적을 통한 암묵지(tacit knowledge) 창출도 필요

- 암묵지가 공유되고 실패의 성과가 새로운 연구개발에 밑거름이 될 수 있는 연구개발 환경 조성 방안 필요

❍ 우리나라의 R&D 문제점을 타파하고 혁신·도전적 R&D의 원활한 수행을 위해선, 연구개발 사업을 주도적으로 관리하고 운영할 수 있도록 하는 막강한 권한과 책임을 위임받은 PM 제도 도입 필요

- DARPA 혁신의 중요 요소인 PM제도를 도입하여 연구과제의 발굴, 과제 수행 동안의 연구자와의 의사소통, 관심 분야와 연관되고 관련된 영역에서 유사점 없는 전문가들을 연결하는 새로운 네트워크 구축 등을 수행하고 DARPA의 PM처럼 막강한 권한을 부여하는 방안 모색 추진

❑ 대내외 환경변화에 신속하게 대응하고 파급력 높은 변혁적 기술 창출을 위해 창의성과 자율성을 기반으로 한 명확한 임무와 목표 설정 수행

❍ R&D 기술 혁신 모델은 와해성 기술과 변혁적 기술의 내생적 창출(self-generating) 역량이 확보된 국가혁신 체제의 기술 혁신 모델을 의미하며, 다양한 연구팀 구성을 통해 변혁적 성과를 창출하기 위한 자율과 책임을 기반으로 한 개념임

- 파급력 높은 혁신 기술의 끊임없는 창출을 위해선 장기적인 발전을 보장할 수 있는 정부 차원의 전략적 혁신 체계로 도전적인 임무중심형 R&D 수행이 필요

  ➟ 정부 차원의 임무를 설정하고 이를 해결하기 위한 도전적이고 파괴적인 연구개발을 수행하는 가장 대표적인 예는 미국의 DARPA

❍ 상시적인 변혁적 과학기술을 공급하기 위해서는 HRHR(High Risk High Return) 연구 수행이 가능한 체계 조성이 중요

- 글로벌 선도국들은 기술 안보 대응을 위한 조직을 신설하는 등 전략적 정책 수립 및 과학기술 혁신을 위한 연구개발 추진

  ➟ 기술 패권 유지·강화 및 미래 성장 동력의 지속적인 확보를 위한 대규모 연구개발 투자에 있어 실패 가능성이 높으나 高 난이도의 도전적 연구 수행이 필요하다는 인식 형성

Ⅱ. 「한계도전 R&D 프로젝트」 확대의 필요성

1 기존 한계도전 R&D 프로젝트의 확대 필요

❑ 旣 추진 도전·혁신형 R&D의 경우, 기존의 연구개발 관리방식으로 운영되고 있어 혁신성과 도전성을 확보하기 위한 충분한 지원이 부족한 상황

❍ 도전적 R&D의 특성인 ①명확한 임무와 목표, 기한 설정, ②창의성과 자율성이 보장되는 연구 문화, ③과제수행의 컨트롤타워 존재 등을 모두 만족하는 국내 도전·혁신형 R&D 사업은 부재

< 국내 도전·혁신형 R&D 현황 >

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

❑ DARPA 모델을 표방하고 있는 한계도전 R&D 프로젝트 또한 불확실성이 높은 도전·혁신형 R&D 특성을 모두 담아내기에는 규모의 문제 존재

❍ 과기정통부에서 추진 중인 한계도전 R&D 프로젝트는 도전·혁신을 위한 R&D 특성을 모두 포함하고 있으나 예산, 기간, 분야 등의 규모적 문제가 존재

- 실패 가능성이 높으나 연구개발 성공 시 파급력이 높은 HRHR 사업에 있어, 임무 달성의 성공률 제고를 위한 포트폴리오 과제관리는 필수적인 사항이며 다양한 방식의 R&D 추진이 필요

  ➡ 목표 달성을 위하여 동일 연구 주제에 대한 복수의 연구기관이 연구를 수행하여 결과에 따라 연구의 지속과 탈락이 결정되는 경쟁형 R&D와 다수의 연구수행팀이 동일한 연구개발과제의 수행을 공동으로 추진하는 협력형 R&D 등 연구과제 추진에 있어 연구 그룹의 다양성 또한 필수적인 요소

- (예산) 한계도전 R&D 프로젝트의 연간 예산액은 100억이며 연구 주제당 금액은 약 10억 내외로 경쟁형 R&D나 협력형 R&D를 추진하기에 어려움이 존재

  ➡ 실패 가능성이 높은 한계도전 R&D 프로젝트의 과제 수행에 있어 성공률 제고를 위한 경쟁형, 협력형 R&D 방식이 필요하나 연간 10억 원의 예산으로는 불가능할 것으로 파악

  ➡ 혁신도전형 R&D사업군인 산업부의 알키미스트 프로젝트의 과제 당 연구비는 최대 207억 원이며, 연구 주제당 6개의 과제를 수행하는 것과 비교하여 한계도전 R&D 사업의 과제당 평균 연구비는 18.7억 원(연간 4.5억 원), 주제당 최대 3개의 과제를 수행하는 것으로 나타나, 예산과 과제 수의 규모 면에서 차이가 나는 것으로 판단

- (기한) DARPA는 '58년 설립 이후로 '70년대 중반까지 기술적, 정치적 상황에 따라 기관 존폐 위기를 맞으며 연구개발시스템 정착에 어려움을 겪었으나 '73년 향후 20년간 지속될 장기 연구개발 프로그램에 착수하며 '80년대 혁신적인 과학기술 성과 창출로 DARPA 모델 정착 수행

  ➟ 파괴적 혁신 기술 창출 및 독특한 특성의 운영 방식으로 글로벌 주요국들의 벤치마킹 요소가 된 DARPA 모델 또한 美 자국 내 정착에 15~20년이 소요되는 등 어려움이 존재하였음

  ➟ 도전·혁신적 R&D인 DARPA 모델을 표방하는 한계도전 R&D 프로젝트 또한 자율과 책임 기반의 도전적 연구 문화 정착을 위해선 오랜 기간이 걸릴 것으로 예상

- (분야) 한계도전 R&D 프로젝트는 ①소재, ②기후·에너지, ③바이오헬스 등 총 3개 분야의 변혁적 과학기술 개발을 목표로 하고 있어 연구 범위가 他 도전·혁신형 R&D 사업에 비해 좁은 것으로 판단됨

< 국내외 도전·혁신형 R&D 분야 >

구분	건설 교통	재난 안전	우주 항공 우주	국방	기계 제조	소재 나노	농림 수산 식품	생명 보건 의료	에너지 자원	환경 기상	ICT SW
한계도전	-	-	-	-	-	○	-	○	○	-	-
알키미스트	-	○	△	-	○	△	△	○	○	-	○
DARPA	△	△	○	○	△	○	△	○	△	△	○
SPRIND	-	-	-	-	○	○	-	○	○	-	○
Moonshot	-	○	-	-	-	-	○	○	○	○	○

❑ 우리의 혁신을 주도하는 끊임없는 변혁적 과학기술 공급을 위하여, 한계도전 R&D 프로젝트의 규모를 확대한 예타사업 추진 필요

❍ 한계도전 R&D 프로젝트를 도전적 문제 정의와 연구자 주도의 다양한 접근방식을 통해 실패를 감수하고 성공 시 변혁적인 혁신적 성과를 창출하는 국가대표 혁신도전형 R&D 사업으로 정의하여 확대 추진 필요

❍ 추진 중인 한계도전 R&D 프로젝트 한계로 지적된 규모의 문제해결을 위하여 대형 신규 도전·혁신형 R&D 추진 필요

- (예산) 現 정부는 한계도전 R&D 프로젝트를 포함하는 혁신·도전형 연구개발 사업 육성을 위해 정부 R&D 예산의 5%를 투자하기로 발표하였으며, 이에 한계도전 R&D 프로젝트도 규모를 확대하여 임무중심 R&D의 대표적인 사업인 한국연구재단의 국책 연구 예산인 2조 5,000억 원의 2.5%인 연간 600억 원대 예산 규모의 연구 수행 필요

  ➟ 또한, 한계도전 R&D 프로젝트가 표방한 DARPA가 포함된 ARPA 프로그램은 미국 R&D 총투자액의 3.5%인 10조 원대의 예산 규모로 수행되고 있음

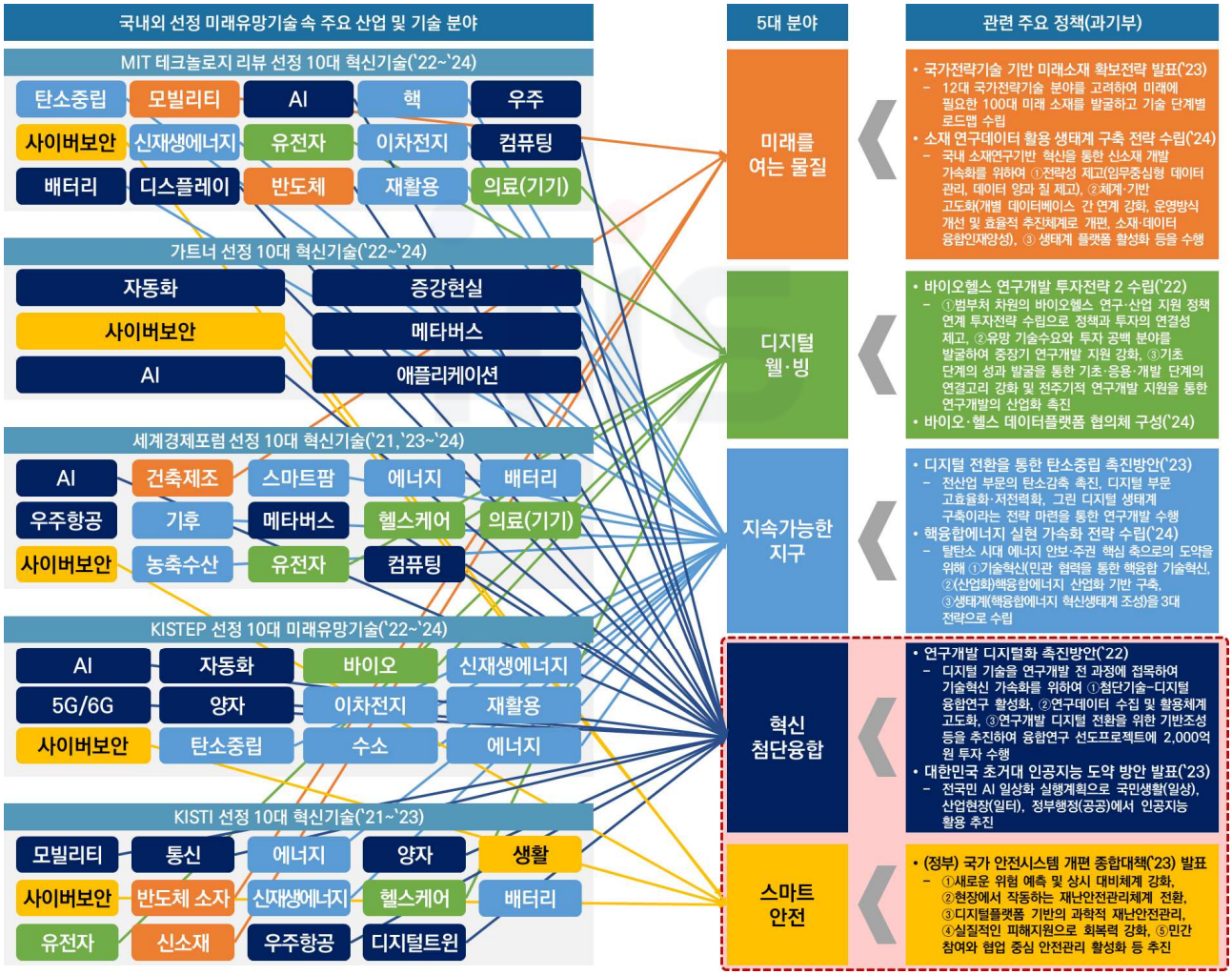
  ➟ 여전히 미국에 비해 적지만 10년 간 6,000억을 투자하여도 미국의 투자 대비 약 1%에 못 미치는 6천억 원대 예산 규모 확대는 필요한 것으로 판단됨

- (기간) 한계도전 R&D 프로젝트의 사업 기간은 5년으로 DARPA 모델을 정착시키기엔 시간적 여유가 존재하지 않으며, 창출 성과의 파급력 파악 또한 어려울 것으로 판단됨에 따라, 기간을 2배 정도 늘려 도전·혁신형 연구를 통한 자율과 책임 기반의 연구 문화 정착을 추진하고 이후 사업 평가를 통해 계속 사업 추진 여부 결정 필요

  ➟ DARPA는 '58년 설립 이후로 '70년대 중반까지 기술적, 정치적 상황에 따라 기관 존폐 위기를 겪었으나, '73년 향후 20년간 지속될 장기 연구개발 프로그램에 착수하며 '80년대 혁신적인 과학기술 성과 창출로 DARPA 모델의 안정적 기반 마련

- (분야) 인공지능, ICT 등을 포함한 혁신 첨단융합과 재난안전 및 보안 등을 포함한 스마트 안전 분야로의 연구분야 확대 추진

  ➟ 최신 과학기술계 트렌드와 미래유망기술 등을 고려하여 공백 분야인 혁신 첨단융합과 스마트안전 분야로 사업 수행 분야를 확대



< 연구분야 확대 (안) >

현재	소재 주제1~2개 (PM1명)	기후·에너지 주제1~2개 (PM1명)	바이오헬스 주제1~2개 (PM1명)			3개 분야 3명 PM
확대 추진 (예타)	미래를 여는 물질 주제 9개	지속가능한 지구 주제 9개	디지털 웰·빙 주제 9개	혁신 첨단융합 주제 9개	스마트 안전 주제 9개	5개 분야 45개 주제 20명 PM

< 한계도전을 위한 연구개발 사업 전환 필요성 >

구분	글로벌 혁신도전형 R&D 체계 특징	현 우리나라의 R&D 체계 특징	동 사업 추진 방향 설정(안)
사업 미션	• (DARPA) 미래의 기술수요에 대한 해법 제시에 목적 • (Moonshot) 인간의 행복 실현을 목표	• 부처별·기관별 칸막이식 R&D 범위 설정을 통한 R&D 추진	• 글로벌 기술 패권을 확보할 수 있는 변혁적 과학기술 개발 도전
조직	• (DARPA) 최고 경영자와 연구자 사이에 단 하나의 관리층만 존재하는 유연하고 독립적인 조직 • (ARPA-H) NIH 산하로 편입되어 운영되나 보고체계는 보건부장관에게 직접보고	• 수직적인 R&D 관리체계 구축을 통한 관리 중심의 조직 운영	• 단순한 의사결정체계와 독립운영체계 구축을 통한 도전적 운영체계 구축
기술·경제 성과	• (DARPA) 인터넷, GPS, 드론 등 세계 최초·최고 기술 창출과 국방을 넘어 다양한 산업 분야로의 연계 가능 성과 창출	• 특허, 논문 수 등 양적 성과의 증가와 대비되는 과학기술적 파급력이 낮은 성과 창출	• 장기적, 다양한 분야에서 변혁적 성과를 도출할 수 있는 과학기술 창출 및 문화조성
변혁적 주제/분야 (테마) 발굴	• (DARPA) PM 주도 하에 정부의 수요를 토대로 문제를 정의(Top-down)하고, 문제 해결을 위한 아이디어 발굴 (Bottom-up)	• 단기 현안 해결 중심의 R&D 추진으로 성과 창출 고착화 • 기술 공급자 중심의 기술 수요조사에 의존 • 고착된 연구문화로 혁신도전의 한계	• 책임PM 주도의 전략 관리 방식
과제 선정 및 구성	• (DARPA) PM 주관의 과제 진도 관리 및 결과 평가 수행 • (SPRIN-D) 전문가 평가 및 감독위원회를 통한 과제 선정하며 연구의 전략성과 혁신 활동 위주의 평가 수행	• 중복 연구 방지 • 상위 목표와 연계성 및 관련성이 낮은 과제 기획 및 선정 • 리스크 회피를 위한 점진적인 목표 설정	• 연구 특성을 감안하여 원활한 마일스톤 변경 가능 및 포트폴리오와 관리 수행 • 도전적 연구의 성공률 제고를 위한 경쟁형, 협력형 포트폴리오 등 다양한 방식의 연구 수행 가능
사업 운영 관리 및 성과 확산	• (DARPA) 기술이전을 위한 별도의 조직 구성 • (SPRIN-D) 대출, 창업 등의 프로세스 운영으로 민간과 연계한 유연한 연구비 지원 수행	• 사업화가 목적인 경우, 사업화에 역량 집중이 어려운 분리된 지원조직 • 연차·단계평가 시스템 등 행정적 관리 다수	• 연구관리자와 연구수행자 분리 • 내·외부의 지원조직을 구성을 통한 연결성 강화 • 내부: Tech2Impact 운영 • 외부: 외부 SETA 전문지원조직 운영

❑ **한계도전 R&D 프로젝트 사업 추진 규모는 10년 동안 약 6,179억 원으로 분야 당 R&D 지원 금액은 1,153억 원이며 주제 당으로 판단 시 120억 원**

❍ 동 사업은 5개 분야에서 9개 주제를 발굴하여 각 주제당 4개의 과제를 3년간 수행함을 가정, 각 과제별로 연간 10억 내외의 연구비를 상대적으로 짧은 기간인 3년 안에 집중지원하여 성과창출

- 우수성과를 창출한 국가 R&D와 동 사업의 규모(연구비, 연구기간) 비교 시 동 사업이 총연구비는 유사하나 연구 기간은 짧은 것으로 나타나며, 이는 단기간(3년)에 전문가(책임PM)의 밀착관리를 통한 연구개발을 통해 기존의 한계를 뛰어넘어 변화를 주도할 원천기술 개발을 위함임

❍ 유사 사업 및 성과에 따른 사업비 분석 시, 동 사업에서도 혁신적인 성과 창출이 가능할 것으로 기대

- **(국내)** '23년도 원천연구개발사업의 우수과제로 선정된 주요 과제를 조사·분석한 결과, 우수성과를 창출한 과제들의 연평균 연구비는 약 7억 원

<한국연구재단 원천연구개발사업 주요 우수과제 사업비>

(단위: 억, 년)

과제명	총연구비	연구기간	연평균
아데노바이러스 벡터에 기반한 1세대 및 2세대 코비드-19 예방백신 개발	37.0	3	12.3
기술 융복합화를 통한 정밀의료용 간오가노이드 플랫폼 개발	37.5	5	7.5
S1P1 수용체의 편향적 리간드 기반 차세대 다발성 경화증 치료 후보물질 개발	24.8	5	5.0
암연관 섬유아세포 억제를 기전으로 하는 신개념 항암제개발에 필요한 신규표적의 효능 검증 및 유효성 평가시스템 개발	5.6	3	1.9
인체 장내 마이크로바이옴 정보 활용 질환 모니터링 및 제어 기술 개발	32.7	8	4.1
포스트게놈 다부처 유전체사업 전략연구	22.0	6	3.7
MC/MT의 천연물 파킨슨병 치료제 (HX203) 글로벌 개발	19.5	5	3.9
짚신나물 활용 ORAI1 이온통로 제어 기반 신개념 아토피피부염 치료제 개발	17.0	5	3.4
뇌기능 항상성 유지를 위한 멀티 모달 뇌기능 센싱 및 제어 기술 개발	100.5	6	16.8
방선균 산업미생물 시스템 재설계 원천기술 개발 및 고부가 의약물질 생산	25.0	5	5.0
생물재난 및 신종감염병 대응 공간 살균소독기 및 살균액 개발	88.8	6	14.8
차세대의과학자 양성을 위한 병원맞춤형 연구 교육 프로그램의 개발	25.0	5	5.0
다중스케일 뇌혈관 구조 및 기능의 영상 기법을 통한 치매 관련 혈관성 질환의 진단 지표 개발	33.3	5	6.7
혁신형 의사과학자 융합연구를 위한 'GO'-iCORD 프로젝트	67.0	5	13.4
지역 선도형 메디클러스터 기반 의사과학자 양성을 통한 의료산업화 플랫폼 구축	33.8	5	6.8
초경사 스윗칭 충격이온화 트랜지스터	5.3	3	1.8
초저전력 및 고효율 학습 가능한 단 분자 스케일 분자-2D 이종접합 기반 인공 시냅스 소자 개발	5.3	3	1.8
생체모방형 d-오비탈 매니폴드 반응 제어소재	70.2	7	10.0
평균	**36.1**	**5.0**	**7.2**

- **(국외, 美)** 미국의 DARPA와 비교 시, 한계도전 R&D 프로젝트의 예산 규모는 적절한 것으로 나타남

➟ (PM별) DARPA의 '25년도 예산은 약 43.69억 달러(약 5.8조 원)이었으며 102명의 PM이 사업 운용 시, PM 당 연간 380억 정도의 예산을 운영하는 것으로 파악됨*

* DARPA PM의 예산 통계치는 공개되지 않아, 대략적인 금액으로 환산 시, 운영비 등을 제외하면 순수연구 관련 투자 비용은 2,000~3000 USD수준으로 보이면, 원화로 300~400억원 수준으로 파악됨

➟ 사업 책임PM 당 연간 R&D 금액은 약 115억 원으로 DAPRA의 예산 규모와 PM 수를 고려 시, 적지 않은 것으로 판단

<미 DARPA의 분야당 PM 수>

(단위: 명)

구분	BTO	DSO	I2O	MTO	STO	TTO	전체
PM	15	10	23	14	16	24	102
STAFF	4	5	4	5	4	3	25
전체	19	15	27	19	20	27	127

* 출처 : https://www.darpa.mil/about-us/people, '24.09.19.

- ARPA-E는 과제 당 연간 평균 예산은 약 11~20억 원 규모로 동 사업 과제 규모인 연간 10억 원보다 높으나 이는 컨소시엄을 포함한 공동연구를 포함하고 있는 것 때문으로 파악

< 미 ARPA-E의 예산 >

(단위: 달러)

프로젝트 명	전체 예산	최소금액	최대금액	기간	예상 과제수	연간 평균 예산
CURIE	48,000,000	250,000	10,000,000	36	11	1,454,545
NEWTON	40,000,000	1,000,000	10,000,000	36	9	1,481,481
ECOSynBio	25,000,000	250,000	7,000,000	36	10	833,333
DIFFERENTIATE	20,000,000	250,000	5,000,000	36	7	952,381

<국외 혁신도전형 사업의 주요 주제 선정 현황>



Ⅲ. 사업 개요

❑ 사업의 정의

< 한계도전 R&D 정의(안) >

◈ 책임PM의 도전적 문제정의와 연구자의 다양한 접근방식을 통해 변혁적 성과를 창출하는 국가대표 혁신도전형 R&D 사업

< 변혁적 성과의 정의 >

◈ 혁신·도전형 R&D 사업을 통해 창출되는 세상에 없던 기존의 한계를 뛰어넘어 변화를 주도할 수 있는 원천기술

❑ 사업 비전 및 목표



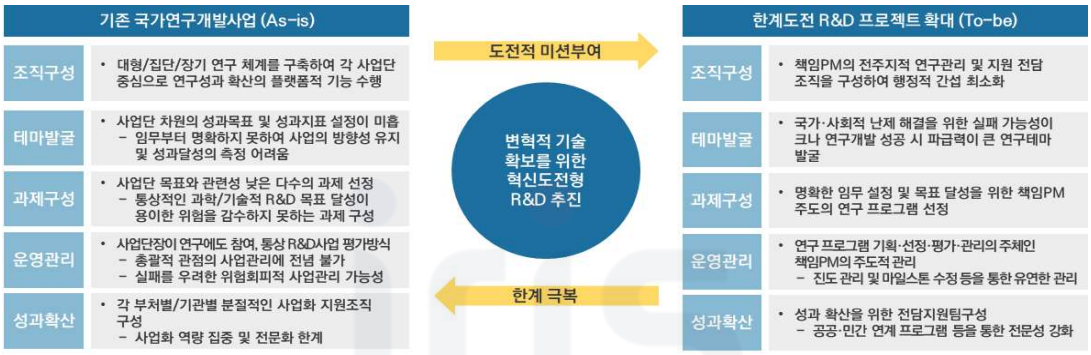
❑ 사업 특성

❍ 성공 가능성이 낮으나 장기적 관점에서 국가·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술을 확보하기 위한 임무중심형 R&D 사업

❍ 특성1. 책임PM제

- 책임PM이 중심이 되어 도전적인 문제정의와 연구관리를 수행하고 과제 수행 과정에서의 데이터 축적을 통하여 사회·경제적 패러다임을 바꿀 변혁적 성과 창출

- 책임PM의 주도적 관리 아래 주어진 임무를 해결하기 위한 과제의 진도점검 목표달성여부, 과제의 성공유부를 결정하고, 목적달성이 어려운 과제의 경우 과감히 중단하고, 대안과제를 추진하는 등 주제별 임무 달성을 위한 세부과제의 자유로운 구성 가능

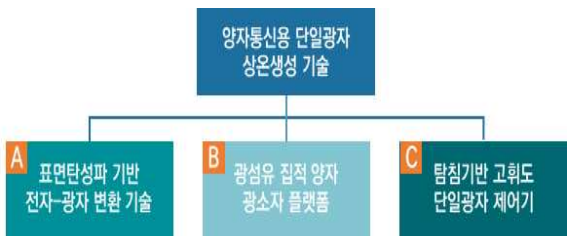
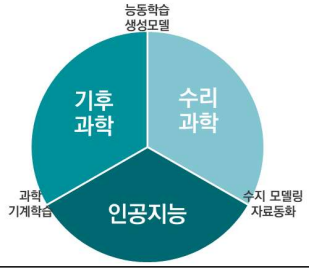


❍ 특성2. 임무중심적 과제구성

- 이슈를 바탕으로 연구주제를 선정하고, 최종 연구주제가 선정되면 연구주제의 해결을 위한 연구과제 구성 추진하며, 연구과제는 하나의 문제해결을 위한 방법론 다변화하는 방식 추진

➟ 예를 들어, 상온 단일광자 양자광원 개발에 있어 기존의 기술한계를 돌파할 수 있는 혁신적 기술개발을 위해 상이한 접근방식으로 도전하는 복수의 과제를 선정하여 연구 추진

➟ 또한, 극단적 기후기상 변화 예측 기술개발에 있어, 기계학습을 위한 데이터 모수 부족 한계를 극복하는 기술 개발을 위하여 다학제 연계가 가능한 과제를 선정하여 추진 필요

양자통신용 단일광자 상온생성 기술	극단적 기후기상 예측 기술
	

❑ 사업 세부 과제 추진 방안 및 규모

❍ (R&D 규모) 동 사업은 Seeding, R&D, Scale-up R&D 등을 통하여 연구개발을 수행하며 사업 기간 10년 동안 6,340억 원 투자

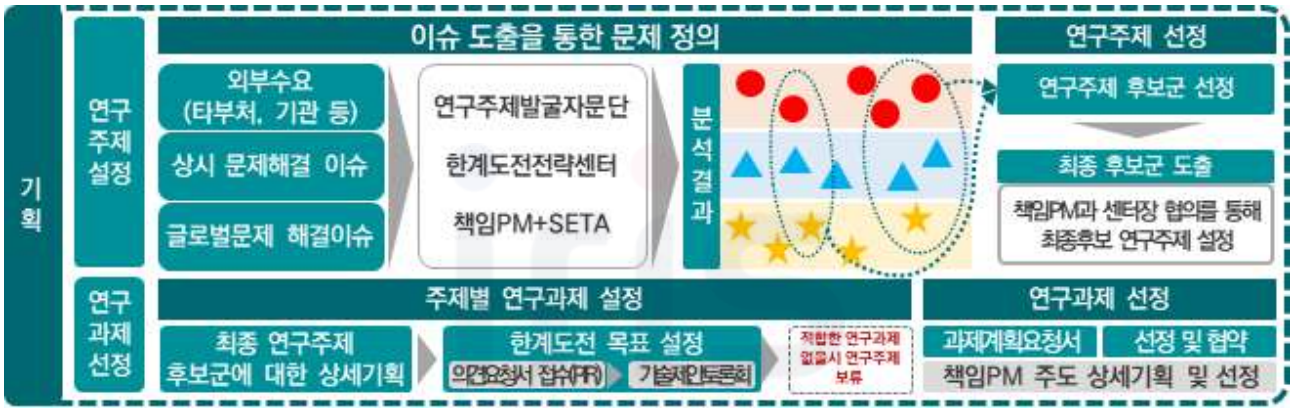
* 5대 분야별 평균 9개 주제를 선정, 연구주제 당 평균 4건의 과제 수행을 통하여 전체 180개의 과제 수행

- 책임PM은 글로벌 이슈, 미래유망기술 조사·분석을 통하여 도출·기획 된 연구주제와 산학연 전문가들의 방법론 도출을 통한 과제 수행 추진

➟ (Seedling) 변혁적 기술개발 가능성 제고를 위한 아이디어 개념 검증 R&D 과제

- (T2I) 성과의 산업계·연구계 확산을 위한 기술 축적 및 실증을 위한 Scale-up R&D에 약 850억 원을 지원할 예정

❍ (과제 추진 방안) 동 사업은 책임PM, 한계도전전략센터, 연구주제발굴자문단 등의 수요확보를 통한 연구주제 선정과 과제 세부 기획을 통해 추진



❍ (사업규모) 사업 추진 10년 동안 약 6,749억 원 규모의 투자 지원 예정

- 분야별 책임PM 주도하에 대내외적 환경변화, 연구과제의 유형·성격·취지 등에 따라 자율적 예산 배분 및 예산의 유연한 변경 수행

< 동 사업 예산 규모 >

(단위: 억 원)

구분			1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	소계
R&D		Seedling	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	90
		R&D	400	600	800	600	600	600	600	600	400	200	5,400
		Scale-up R&D	-	-	-	100	100	100	150	150	150	100	850
		합계	410	610	810	710	710	710	760	760	560	300	6,340
운영비	책임PM	책임PM 인건비	10	10	20	10	20	10	20	10	20	10	140
		SETA	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
	운영지원	센터장 인건비	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	25
		사업기획실	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
		사무행정	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
		기획평가 추진비 공통	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
		기획평가 추진비 과제연계	4	6	8	6	6	6	6	6	4	2	54
	합계		35.5	37.5	49.5	37.5	47.5	37.5	47.5	37.5	45.5	33.5	409
총 합계			445.5	647.5	859.5	747.5	757.5	747.5	807.5	797.5	605.5	333.5	6,749

- (총과제 수) 분야당 9개의 주제, 주제당 4개 과제(3년) 수행으로 36개의 과제를 수행하여 사업 기간 내 5개의 분야에서 180개의 과제를 수행

<분야당 연차별 과제수>

(단위: 건)

구분	신규 과제수	연차별 과제									
		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차
주제1	4	4	4	4							
주제2	4	4	4	4							
주제3	4		4	4	4						
주제4	4			4	4	4					
주제5	4				4	4	4				
주제6	4					4	4	4			
주제7	4						4	4	4		
주제8	4							4	4	4	
주제9	4								4	4	4
합 계	36	8	4	4	4	4	4	4	4	-	-
5개 분야 합계	180	40	20	20	20	20	20	20	20	-	-

: 신규과제 시작

- (예산액) 하나의 분야당 Seedling(분야당 18억) 및 Scale-up R&D(분야당 170억) 포함하여 1,268억 원의 예산을 집행

< 상세 예산 규모 설정 >

연구 분야	연구 주제	주제별 합계	연구 과제	PM1기			PM2기			PM3기			PM4기		합계
				1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차		
분야1	주제1	120	신규	40											40
			계속		40	40									80
	주제2	120	신규	40											40
			계속		40	40									80
	주제3	120	신규		40										40
			계속			40	40								80
	주제4	120	신규			40									40
			계속				40	40							80
	주제5	120	신규				40								40
			계속					40	40						80
	주제6	120	신규					40							40
			계속						40	40					80
	주제7	120	신규						40						40
			계속							40	40				80
	주제8	120	신규							40					40
			계속								40	40			80
	주제9	120	신규								40				40
			계속									40	40		80
	주제별R&D 합계			80	120	160	120	120	120	120	120	80	40		1,080
	T2I	Seedling		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			18
		Scale-up R&D					20	20	20	30	30	30	20		170
	1개 분야 합계			82	122	162	142	142	142	152	152	112	60		1,268
5개 분야 확대				410	610	810	710	710	710	760	760	560	300		6,340

Ⅳ. 추진 전략

❑ 사업추진 프로세스

구분	글로벌 문제 및 국가 미션에 부합하는 주제 발굴
한계도전형 수요확보	• 글로벌 문제해결, 국가 미션 및 과학기술정보통신부의 과학기술 목표 등을 고려한 연구주제 발굴 • 책임PM과 연구주제발굴자문단은 분야별 연구수요조사와 상시수요(온라인수요)의 검토를 통해 국가미션에 부합하는 연구주제 발굴 • 산업부 알키미스트프로젝트, 보건복지부 ARPA-H 연구주제 중복성 검토
주제 발굴	• 글로벌 문제해결, 국가 미션 및 과학기술정보통신부의 과학기술 목표 등을 고려한 연구 주제 발굴 • 향후 경제·사회적으로 문제가 될 수 있는 이슈를 발굴하여, 동 이슈를 해결할 수 있는 연구주제 발굴
연구주제 설정	• 발굴된 주제에 대해 산업계, 연구계의 정보를 수집→프로그램 상세화 • 책임PM 프로그램을 설명하고 연구자와 토론을 통해 필요 기술에 대한 공감대 형성, 신청 희망 연구자들간의 연구팀 구성 • 책임PM과 센터장의 최종적 검토를 통해 연구주제 최종 확정

한계도전형 수요확보	
연구주제 발굴	
연구주제발굴자문단	외부수요
한계도전전략센터	온라인 수요조사
책임PM	SETA(대내외 현황)

▶

연구주제 발굴 및 설정		
연구주제 후보군 발굴	책임PM & 센터장의 후보군 선정	최종 연구과제 후보군 선정

▼

구분	책임PM 주도의 과제 기획
주제별 과제설정	• 주제별 문제해결을 위한 세부과제 설정은 책임PM과 연구주제발굴자문단 주도로 설정하되 해당분야의 전문가들과의 교류, 협력, 공감대 형성을 통해 문제해결을 위한 한계도전형 과제를 발굴하여 추진
한계도전형 목표 설정	• 발굴된 분야(주제)에 대해 산업계, 연구계의 정보를 수집→과제 상세화 • 책임PM은 주제를 설명하고 연구자와 토론을 통해 필요 기술에 대한 공감대 형성, 신청 희망 연구자들간의 연구팀 구성 • 책임PM간의 회의를 통해 연구과제와 과제별 목표를 최종 설정
과제선정 및 협약	• 책임PM이 중심이 되어 연구자를 선정하고, 책임PM과 연구자는 협의하여 해당 연구의 중요 마일스톤 및 추진방식 등을 협의 • 과제 목표 달성을 위하여 책임PM은 마일스톤 설정을 통해 추진방식을 자율적으로 설정(포트폴리오형,경쟁형,협력형 등)

주제별 과제설정	한계도전형 목표 설정		과제 선정 및 협약	
최종 연구주제 후보군에 대한 기획 추진	의견요청서 접수 (PIR)	기술제안토론회	과제계획요청서 공고 (PPR)	선정평가 및 연구수행
	기획 방향 공유 및 의견수렴	과제 기획 구체화 및 관련 토론 수행	책임PM 주도의 프로그램 기획	책임PM 주도의 선정

▼

구분	자율과 책임 기반의 연구 수행
책임PM 중심의 과제관리	• 연구주제별 해당 임무 달성을 위한 과제 목표를 설정하고 단계별 마일스톤 평가, 포트폴리오 진행 상황 점검, 과제 수 및 연구단 수 변경 등 PM의 권한으로 설정 - 마일스톤 미달성에도 불구하고, 사전적으로 정의된 최종결과물을 얻는 것이 가능하다고 판단 될 경우 마일스톤을 재협의하여 프로젝트 지속
단순한 조직구조와 의사결정 체계	• 연구의 진행 상황 및 애로사항 등을 수시로 책임PM, 센터장과 논의 등을 통해 자율적이고 독립적으로 판단하여 R&D지원 수행 - 국내외에서 유사 기술이 먼저 개발된 경우의 연구방향 전환, 연구 한계 봉착 등 발생하는 이슈에 대해 책임PM에 공유하여, 대응방안 도출
과학기술 중심 최종평가	• 성공·실패 대신 연구개발 성과를 성과발표회 형식을 통해 발표 → 연구 진행의 도전, 실패, 극복의 중간 과정에서의 성과와 최종 목표 달성 등을 평가 • 연구 추진 당시 인식한 과학기술 목표 설정이 어느 정도까지 진보되었는지 정량적 기술개선 정도를 제시

▼

구분	R&D 성과물 활용성 제고를 위한 성과 확산 및 활용
전담 지원조직	• 기술사업화 자문(Tech to Impact) 역할을 하는 전문가로 성과활용 지원 전담조직 구성 • 성과활용이 가능한 잠재적 외부자원(고객, 협력기관 등)의 우선순위를 T2I에 공유하여 네트워킹 및 파트너 발굴을 지원하도록 하여 기술사업화 지원 프로그램과 연계
성과관리 및 센터평가	• 수행기관 자체적으로 성과활용 목표를 수립하고, 이를 달성하기 위한 계획서 작성 • 지원 종료 후 10년 간 연구개발성과 활용 보고서 제출 및 추적평가 실시 • 도전적 과학기술문화 조성, 혁신도전형 책임PM 양성, 책임PM 연구지원 등을 주요 센터 평가지표로 설정

❑ 사업 추진 체계

동 사업 추진체계



구분		주요 내용
과학기술정보통신부		• 동 사업 기획 · 운영, 대내외 협력 등 필요한 주요 사항 지원
한국연구재단		• 책임PM 공모 및 선발, 사업 운영 지원
한계도전전략센터		• 독립 조직으로 운영 • 사업의 시행계획 수립 및 공고, 연구단/지원단 선정 · 관리, 평가, 성과확산 등 사업의 전반적인 운영과 관리 담당
책임PM		• 책임PM 전주기 연구분야 발굴, 연구과제 기획 · 연구팀 운영, 과제 운영 및 성과관리(Tech to Impact연계지원) 등
연구지원조직	운영지원	• 한계도전 프로젝트 진행을 위한 행정적 지원 수행
	SETA (외부지원)	• 센터 외부에서 책임PM을 지원하는 전문 지원조직 : 기술적 지원, 연구 프로그램 관리 지원, 문서지원 등 책임PM 역할 수행 전반에 걸친 지원 수행 : (SETA) 책임PM 연구분야별 외부 전문지원기관 설정을 통한 지원
Tech to Impact		• 기술사업화 지원을 중점으로 하는 지원조직으로 국제협력 진행지원 및 종료 이후에도 기술사업화 및 후속연구 연계 지원
연구주제발굴자문단		• 책임PM분야별 연구주제발굴자문단을 구성하여 국가미션형 연구분야 발굴에 활용 및 과제계획서 작성 및 책임PM 임무설정 지원

❍ (전문센터운영) 한계도전 R&D 프로젝트가 고위험·고수익 R&D에 과감히 투자하고 대내외 환경변화에 유연하게 대응할 수 있는 기획-평가-관리 체계의 특성을 반영하기 위해선 특성화된 독립구조를 지닌 센터 운영이 필요

- 기존 한계도전 R&D 프로젝트를 수행하기 위한 전문조직인 한계도전전략센터를 전문기관(한국연구재단) 내 부설 혁신연구기획원(한계도전전략센터)으로 별도 신설하여 기관의 독립성 및 책임PM 중심의 운영체계 확보 필요

  ➟ (위계 구성) 기민하고 유연한 의사결정을 가능하도록 수평적 의사결정 체계 구축

  ➟ (지속성) 5개의 분야*에서 수행되는 다양한 과제의 원활한 수행을 위해선 독립기관으로의 운영을 통하여 예산 확보의 안정성과 지속성을 보장받아야 함

  * 세상을 바꾸는 물질(소재), 지속가능한 지구(기후·에너지), 디지털 웰·빙(바이오헬스), 미래첨단융합, 스마트 안전

  ➟ (유연·자율성) 책임PM 중심의 평가단 구성 및 평가 가이드라인 수립을 통하여 제한적인 역할을 부여하여 한계도전전략센터의 자율성 강화

- 한국연구재단 내 한계도전전략센터를 별도의 부설기관으로 독립·확장 필요

- (설립 방식) '24년 5월에 제정된 「한계도전 R&D 운영규정」을 통하여 현재의 한계도전전략센터가 한계도전 R&D를 기획 및 운영하기 위해 전문기관으로 설치되어 독립성을 가지고 운영되는 센터로 정의

  ➟ 한계도전전략센터를 '한계도전 R&D 운영규정'을 기반으로 하여 「정보통신기획평가원」과 유사한 부설기관으로 확장될 수 있도록 내규 개정 및 필요시 법적 근거 마련 검토 필요

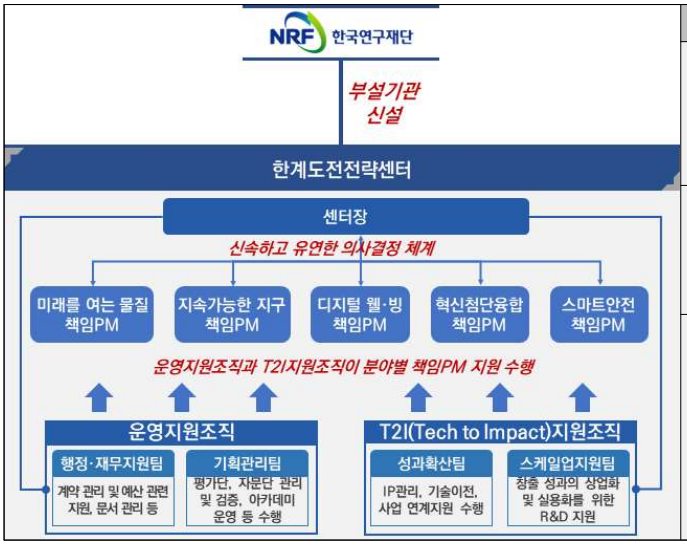
- (설립 목표) 도전·혁신형 연구개발의 기획-관리-평가-활용 全 주기에 걸친 활동을 전담하여 총괄 지원하기 위함으로 도전적 연구문화 정착과 책임PM주도의 다양한 접근 방식을 통해 세계 최고 또는 최초 수준을 지향하는 혁신적 파급효과 창출

❍ (추진 체계) 수평적인 의사결정 체계와 책임PM 중심의 운영체계 구축

- 대내외 환경변화에 기민하게 대응할 수 있는 2단계의 조직체계 구성으로 정확하고 빠른 의사결정 체계 구축

- 한계도전 R&D 프로젝트는 책임PM의 권한과 역할이 막중한 사업임에 책임PM의 역할을 지원하고 사업의 투명성과 공정성 확보를 위한 운영 체제 구축 필요

< 한계도전전략센터 추진체계 >

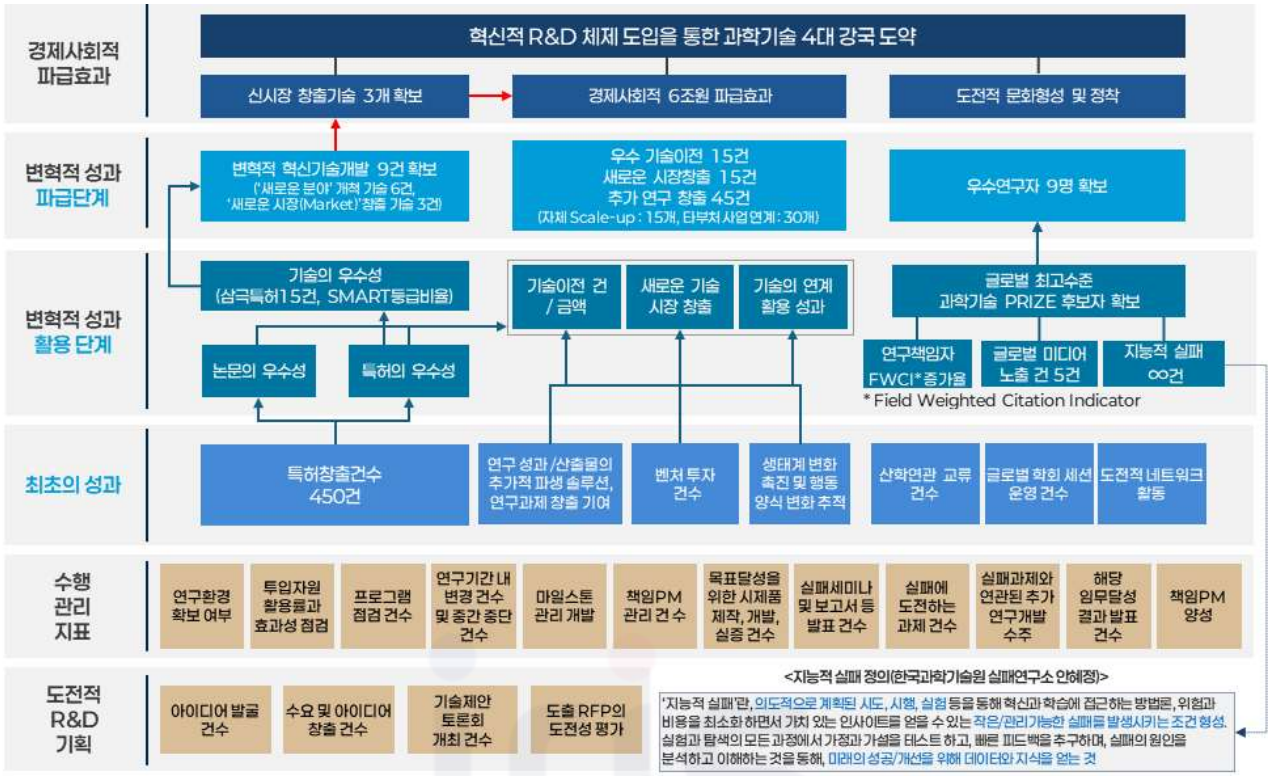


구분	주요 내용
한계도전전략센터	• 책임PM 중심의 연구 전주기 관리 및 지원 수행 • 센터장-책임PM으로만 구성된 의사결정 체제
운영지원조직	• 연구비 관리, 연구 수행 및 계약 관련 법적 지원, 행정지원 등을 수행하는 한계도전전략센터의 내부 운영지원조직
T2I 지원조직	• 창출 성과의 확산을 위한 IP전략수립과 기술이전 등을 위한 기술사업화 지원 수행 • 타 부처 및 사업 연계 지원과 스케일업 R&D 운영 지원 등을 수행하는 내부 사업화지원조직

❑ 사업 성과 목표 설정

❍ 한계도전 R&D 프로젝트의 성과목표 설정은 변혁적 성과 창출 기간 고려하여 설정

< 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정 >



❍ 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정

< 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정 >

사업 비전	혁신적 R&D 체계 도입을 통한 과학기술 4대 강국 도약

▲

구분	최초의 성과	변혁적 성과 활용 단계	변혁적 성과 파급단계
과학기술적 성과	특허 창출 건수	기술의 우수성 (삼극특허 건수 / 우수특허 비율)	변혁적 혁신기술 창출
경제적 성과	추가연구 창출 건수	우수 기술이전 건수	파급효과 발생 금액
	생태계 변화 촉진 점수	新 기술시장 창출	
도전적 연구 문화	네트워크 구축 건수	연구책임자(PI) FWCI 증가율	우수 연구자 확보 건수
	산학연 교류 활동 건수	지능적 실패 건수	
	글로벌 학회 세션 운영 건수	글로벌 미디어 노출 건수	

① 1단계 성과지표 설정

❶ 특허 창출 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 창출되는 특허 수는 총 450건으로 설정

❍ (설정근거) 연구과제 당 핵심특허 1건 및 보조특허 1~2건(평균 1.5건)을 출원하여 등록한다는 전제 하에 180개 연구주제에 대해 총 450건 등록 (2.5건/과제×180과제 = 450건)

* 22년도 정부 R&D 등록특허 생산성(R&D 투입비용 10억 원당 등록특허 건수)은 0.63이며, 한국연구재단 국책연구사업의 연구개발비(연구활동+연구인프라) 10억 원당 국내 특허등록은 0.67건임을 고려할 때 본 사업의 경우 0.73건으로 도전적인 목표임.

❍ (측정방법) 측정년도 말까지 완료된 등록 특허 수를 파악

❷ 추가 연구 창출 건수

❍ (목표) 사업 과제의 핵심 성과물을 대상으로 후속 연계되는 파생 연구과제는 총 45개로 설정

❍ (설정근거) 동 사업 동안 지원되는 연구주제의 수는 총 45개인 바, 각 연구주제별로 사회·경제적 파급효과를 가시화할 수 있는 후속 연계과제를 1개씩 창출

* 직접 비교는 어렵지만 중기부 R&D기획지원사업의 후속과제 선정률 (18년 13.8%), 팁스과제-스케일업 팁스로의 연계율 45.1%임 등을 고려할 때, 후속연계과제 45개의 목표치는 동 사업의 전체 지원과제 수 대비 25%에 해당하는 바, 적정한 목표치로 판단함.

❍ (측정방법) 해당 연구주제 관련 과기부, 타부처의 후속 연계사업 파악

❸ 생태계 변화 촉진 정도

❍ (목표) 동 사업 참여자들의 사업 참여 만족도가 90점 이상을 유지하도록 목표치 설정

❍ (설정근거) 최근 2년('20~'21년) 국가 R&D 사업 중간평가 대상 사업의 만족도 조사 결과 평균 80.7점의 사업 참여자 만족도를 기록한 것을 고려

❍ (측정방법) 리커트 5점 척도 측정 후 100점 기준으로 환산하여 전체 평균값을 측정

❹ 네트워크 구축 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 동안 도전적 연구문화 확산을 위한 책임PM 중심의 네트워크 구축 건수는 총 45건으로 설정

❍ (설정근거) 사업 기획 및 관리, 수행에 필요한 지식교류 협의회 및 플랫폼 구축은 자유롭고 도전적인 연구문화 정착에 도움이 됨에 따라, 책임PM을 통한 분야별 연구자 네트워크 구축, 교류를 지표로 설정하여 연구주제 당 1건씩 총 45개의 네트워크 구축

❍ (측정방법) 네트워크 목록 및 참여자 명단

❺ 산학연 교류 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 동안 책임PM은 사업 전(全)주기(기획-선정-최종)에 거쳐 총 135건의 산학연 교류를 실시하는 것을 목표로 설정

❍ (설정근거) 책임PM의 사업운영에 있어 방향성 수정 및 해당 분야 현장 의견수렴 등을 위한 산학연 교류는 필수적으로 수행되어야 하므로 연구주제 당 3회의 산학연 교류를 실시하여 총 135건을 수행하는 것으로 설정

- 기획단계 : 의견요청서(PIR)-기술제안토론회 총 45회 개최
- 선정평가 : 선정평가결과 설명회 총 45회 개최
- 최종평가 : '연구성과공유회' 총 45회 개최

❍ (측정방법) 책임PM 연구활동 공유를 통한 참여 현황 파악

❻ 글로벌 학회 세션 운영 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 동안 책임PM의 글로벌 학회 세션 운영 건수를 총 45건으로 설정

❍ (설정근거) 도전적 연구문화와 동 사업의 성과 홍보를 위해 해당 연구주제 관련 국내외 연구자들이 참여하는 글로벌 학회 위성 세션을 연구주제 당 1건씩 운영하는 것으로 하여 총 45건으로 목표 설정

❍ (측정방법) 글로벌 학회에서 책임PM이 조직한 세션 숫자

가. 1단계 성과목표 및 지표

1 단계별 성과목표

단계별 성과목표					
성과목표-1	과학기술적 성과 창출	가중치	40%	설정 근거	-
성과목표-2	경제적 성과 창출	가중치	30%	설정 근거	-
성과목표-3	글로벌, 사회적 성과 창출	가중치	30%	설정 근거	-

2 성과지표

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
성과목표-1	과학기술적 성과 창출	40%	특허 창출 건수	건	450	과학적	산출	-	◦ 특허는 본 사업의 기술적 성과를 파악하기 위한 성과 지표로 활용되기에 적절
성과목표-2	경제적 성과 창출	30%	추가 연구 창출 건수 (후속 투자 건수)	건	45	경제적	산출	-	◦ 본 사업의 성과가 과학기술적으로 높은 파급력을 가진 기술임을 확인 할 수 있는 지표 ◦ 본 사업을 통해 창출되는 혁신적인 기초·원천 기술 또는 연구 과정에서 도출된 성과의 산업계 확산 여부를 판단
			생태계 변화 촉진 (사업 만족도 조사)	점	90	경제적	산출	○	◦ 제도로서 뒷받침되는 도전적 R&D는 한계도전 R&D 프로젝트가 처음이므로, 본 사업을 통해 실패를 용인하고, 한계에 도전하는 연구문화의 정착 정도를 연구자 행동양식 변화 추적을 통해 파악하기 위한 지표임
성과목표-3	글로벌, 사회적 성과 창출	30%	네트워크 건수	건	45	사회적	산출	-	◦ 본 사업은 세상에 없던 원천기술을 연구개발하기 위한 사업으로 대내외 환경변화에 대응하고 해당 분야 최신 기술 파악을 통한 과제 반영이 중요함에 따라 이해관계자 네트워크 활동을 통한 사업추진이 필요
			산학연 교류 건수	건	135	사회적	산출	-	◦ 본 사업은 산업계, 연구계에 높은 파급력을 지닌 성과 창출을 목표로 함에 따라 임무 및 연구주제 등 연구 방향에 대한 수요 파악이 필요함에 따라, 해당 분야 지식을 교류하는 활동 촉진 건수 파악이 필요

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
			글로벌 학회 세션 운영 건수	건	45	사회적	산출	○	◦ 본 사업의 성과가 기존의 한계를 넘어서 세상을 변화시킬 수 있는 원천기술이라면 글로벌 학회 발표를 통해 관련 분야 연구자에게 공개될 것임

3 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
특허 창출 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 전체 등록 특허 성과를 예상하여 목표치로 설정 ◦ 설정근거 : `22년 정부 R&D 사업의 등록특허 생산성은 0.63이며 한국연구재단 연구개발비의 생산성인 0.67임을 감안하여 도전적인 0.73(건/10억 원)으로 설정하여 본 사업 연구개발비를 대입	◦ 측정산식 : 본 사업 진행을 통해 창출되는 특허 건수의 합 ◦ 측정방법 : 본 사업을 통해 국내에서 창출된 특허 건수를 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
추가 연구 창출 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 본 사업을 통해 창출되는 기초·원천기술 성과가 사업화로 이어지기 위하여 수행되는 후속 연구과제는 기술의 혁신성을 파악하기 좋은 지표로 중기부 R&D기획지원사업의 후속과제 선정률은 `18년 13.8%, 팁스과제-스케일업 팁스로의 연계율 45.1%임을 고려하여 본 사업 후속 연계사업 건수의 목표치를 선정	◦ 측정산식 : 본 사업 진행 과제의 연구 주제를 대상으로 후속되거나 연계되는 파생 연구과제 건수의 합 ◦ 측정방법 : 해당 연구주제 관련 과기부, 타부처의 후속 연계사업 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

<table>
<tr><th>성과지표명</th><th>목표치 설정방법 및 근거</th><th>측정산식 및 방법, 시기</th></tr>
<tr><td>생태계 변화 촉진</td><td>◦ 설정방법 : 유사사업 및 정부지침을 고려하여 90점 이상을 유지하는 것을 목표치로 선정
◦ 설정근거 : `20～'21년 국가R&D사업 중간평가(상위평가) 대상사업을 대상으로 만족도 목표치를 조사한 결과 평균 80.7점 수준으로 나타남</td><td>◦ 측정산식 : 사업 참여자 만족도 점수의 전체 평균값
◦ 측정방법 : 본 사업에 참여하는 전체 인원(평가위원, 참여연구원 등)을 대상으로 사업 참여 만족도 조사를 수행하고 점수의 평균을 조사
➜ 리커트 5점 척도 측정 후 100점 기준으로 환산하여 전체 평균값을 측정
<table><tr><td>매우 불만</td><td>불만</td><td>보통</td><td>만족</td><td>매우 만족</td></tr><tr><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td><td>100</td></tr></table>◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)</td></tr>
<tr><td>네트워크 건수</td><td>◦ 설정방법 : 본 사업 책임PM의 수행예정 연구활동을 반영하여 설정
◦ 설정근거 : 사업 기획 및 관리, 수행에 필요한 지식교류 협의회 및 플랫폼 구축은 자유롭고 도전적인 연구문화 정착에 도움이 됨에 따라, 책임PM을 통한 분야별 연구원 네트워크 구축, 교류를 지표로 설정하여 목표 설정</td><td>◦ 측정산식 : 해당 분야 연구현황 및 지식 교류를 위해 협의회 조성 및 플랫폼 구축 건수의 합
◦ 측정방법 : 책임PM의 연구활동 공유를 통한 교류 현황 파악
◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)</td></tr>
<tr><td>산학연 교류 촉진 건수</td><td>◦ 설정방법 : 본 사업 책임PM의 수행예정 활동을 반영하여 설정
◦ 설정근거 : 책임PM의 기획에 있어 방향성 수정 및 해당 분야 현장 의견수렴을 위한 산학연 교류는 필수적으로 수행되어야 함에 책임PM의 활동을 고려하여 산학연간의 교류건수를 목표로 설정</td><td>◦ 측정산식 : 임무 및 연구주제 관련 지식 교류를 위하 세미나. 공청회, 학회 등의 책임PM의 참여 건수의 합
◦ 측정방법 : 책임PM 활동 공유를 통한 참여 현황 파악
◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)</td></tr>
<tr><td>글로벌 세션 운영 건수</td><td>◦ 설정방법 : 본 사업 책임PM의 수행예정 활동을 반영하여 설정
◦ 설정근거 : 본 사업은 대내외 환경변화와 기술개발 현황에 민감하게 대응하여 세상에 없는 변혁적 기술 개발을 목표로 함에 따라 글로벌 학회에서의 동향 파악 및 연구 사항 발표는 과제의 혁신성을 확인할 수 있는 지표임에 목표 설정</td><td>◦ 측정산식 : 창출 성과 및 연구 사항 등을 해당분야 글로벌 학회에서 발표한 건수의 합
◦ 측정방법 : 책임PM의 활동 공유를 통한 발표 현황 파악
◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)</td></tr>
</table>

② 2단계 성과지표 설정

❶ 특허의 우수성

❶-1 삼극특허 건수

❍ (목표) 동 사업 동안 삼극특허 목표 건수는 15건으로 설정

❍ (설정근거) 책임PM 1인당 1개의 삼극특허 확보

* 최근 5년(`18~`22) 동안 기초단계 연구개발사업 예산 투자 대비 삼극특허 창출은 1,000억 당 2.4건, 전체 정부 R&D 사업의 경우 1,000억 당 1.6건으로 산출되는 것을 고려하면 동 사업의 목표치는 1,000억 당 2.5건으로 다소 도전적인 목표임

< 천억 원당 삼극특허 생산 건수 >

사업명	삼극특허(추정)	투입대비(천억 원당)
전체 R&D (`17~`21년 성과)	1,908건	1.6개
기초연구 (`17~`21년 성과)	606건	2.4개
산업기술 알키미스트 프로젝트 (계획)	12건	2.9개
▼		
한계도전 R&D 프로젝트	15건	2.5개

❍ (측정방법) 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허를 조사

➟ 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO), 일본 특허청(IPO) 특허출원증

* 산업적 지형을 고려, 삼극특허를 제조기반이 있는 국가(중국, 대만)을 포함하여 정의할 수 있음

❶-2 우수특허 비율

❍ (목표) 동 사업을 통해 창출되는 특허의 등록까지 일반적으로 3년이 걸린다는 것을 고려하여 사업추진 4년차부터 목표치를 4.5%로 설정하고 연평균 2%씩 성장하는 것으로 설정

구분	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차
목표 비율	4.5%	4.59%	4.68%	4.78%	4.87%	4.97%	5.07%

❍ (설정근거) 정부 R&D 국내 특허성과의 우수특허 비율은 '22년 4.5%이며 본 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 년차에 따라 우수특허의 비율이 상승하도록 비율을 산정

* 정부 R&D 국내 우수특허 비율*은 `20년(`16~`20년) 3.7%, `21년(`17~`21년) 4.3%, `22년(`18~`22년) 4.5%로 최근 3년 평균 4.2%이며, 동 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 4년차에 4.5%를 기준

❍ (측정방법) 당해연도 NTIS에서 검증된 특허등록 실적을 대상으로 SMART 질적지표 A등급 이상인 특허 측정

❷ 우수 기술이전 건수

❍ (목표) 동 사업 동안의 우수 기술이전 건수*는 15건으로 목표치 설정

* 우수기술이전 : 계약시 선급금 1억 원 이상인 기술이전

❍ (설정근거) 삼극특허의 경우 경제적 가치에 대한 기대가 높은 특허임을 고려하여 삼극특허가 우수기술이전으로 연계된다는 것을 전제로 삼극특허 목표건수를 우수기술이전 건수와 연동하여 설정

* 표준성과지표(6차)에서는 계약금 기준 5,000만 원 이상의 기술이전 금액을 우수 기술이전으로 설정하고 있으나 본 사업은 변혁적 성과창출을 위한 도전적 사업임에 따라 선급금 기준 1억 원 이상 기술이전 건을 우수 기술이전 건으로 설정함.

* 타 부처 유사사업인 알키미스트 프로젝트의 경우 우수 기술이전 금액을 계약금 기준 1억 원으로 설정하고 있는 바, 선급금 1억을 기준으로 삼고 있는 동 사업의 목표는 훨씬 도전적임.

❍ (측정방법) 해당년도 진행과제 및 성과활용현황 조사에 해당하는 과제를 대상으로 계약시 선급금 1억 원 이상인 기술을 파악

[참고] 동 사업의 기술이전

ㅇ '공공연구기관 국가연구개발사업의 기술이전 건수는 정부출연연 0.21, 대학 0.37, 국립연 등은 0.61인 점을 고려하여, 동 사업에서는 10억 원당 0.4의 기술이전이 있을 것으로 설정

ㅇ 동 사업 연구개발비(5,765억) 대비 230건의 기술이전이 창출될 것으로 예상되며 `14~`18년 동안 정부 R&D 특허를 포함한 기술이전 중 1억 원 이상의 계약은 상위 9.4%로 21건의 기술이 기술료 합계 1억 원으로 예상되나, 경제적 가치가 높을 것으로 기대되는 삼극특허가 선급금 1억 원 이상의 우수 기술이전으로 연계될 것을 전제하여 삼극특허와 같은 목표 건수로 설정

❸ 新 기술시장 창출 건수

❍ (목표) 사업 추진 이후의 창업, 민관 후속투자, 창업 건수 파악은 연구개발의 파급력을 파악하기 위한 사업화 성과지표이며 동 사업에서는 총 15건의 후속 투자유치 건수를 목표로 설정

❍ (설정근거) 동 사업의 책임PM은 변혁적 기술 확보를 통해 신 기술 시장을 창출하는 임무도 부여받고 있으므로, 책임PM 1인당 1건의 후속투자 유치를 목표로 설정

* 일본의 혁신도전형 사업인 ImPACT사업(총 사업비 5,268억원)은 사업 기간 중 또는 종료 후 15건의 후속투자를 유치한 바, 동 사업의 목표는 일본의 ImPACT 사업과 유사한 수준

❍ (측정방법) 본 사업을 통한 신시장 창출을 스핀오프, 창업기업 수를 포함한 후속투차 유치 건수의 합으로 계산

❹ 연구책임자(PI)의 FWCI 증가율

❍ (목표) 동 사업을 통해 연구책임자(PI)의 FWCI*(Field-Weighted Citation Impact) 향상율 50%를 목표로 함(단, FWCI 최대 목표는 2.4(상위 10%)로 설정)

* 해당 연구 분야, 논문 형태, 발표 연도에 따른 세계 평균 대비 피인용 비율(상대적 피인용 지수)로, 전세계 평균은 1이며, FWCI가 1.20인 경우는 전세계 평균대비 20% 더 인용된 것으로 해석

❍ (설정근거) 동 사업 연구참여자들의 도전적인 연구 수행에 따른 역량 및 영향력 향상이 예측됨에 따라, 연구책임자(PI)의 FWCI 증가를 기대

* (참고) FWCI 1.0은 상위 30%, FWCI 1.5는 상위 20%, FWCI 2.4는 상위 10%에 해당

❍ (측정방법) 본 사업에 참여한 연구책임자(PI)의 사업 참여 전 3년간 FWCI와 사업 종료 후 3년간의 FWCI를 측정하여, FWCI의 향상률을 측정

❺ 글로벌 미디어 노출 건수

❍ (목표) 동 사업 동안 글로벌 미디어 노출 건수 목표치를 5건으로 설정

❍ (설정근거) 과학기술계 글로벌 미디어에 본 사업의 성과가 게재되는 것은 혁신기술 실현을 파악할 수 있는 임팩트 있는 성과지표이자 매우 도전적인 목표로서, 연구 분야 당 1건씩 노출되는 것을 목표로 설정

❍ (측정방법) 동 사업 성과 중 과학기술계 글로벌 미디어(ureka Alert, ScienceDaily, Phys.org, SciTechDaily, Medical Xpress, Science News, New Scientist, BBC Science Focus Magazine, Reuters Technology News 등)에 게재된 누적 건을 측정

❻ 지능적 실패*(Intelligent Failures) 건수

* 새로운 영역에 도전할 때 발생하는 필수불가결한 실패로, 이를 통한 배움(Lesson-Learned)의 과정을 바탕으로 개인의 성장이나 조직의 발전을 촉진하는 '좋은 실패'를 의미

❍ (목표) 동 사업 기간인 10년 동안 실패 보고회(세미나) 등을 총 10회 실시하는 것으로 목표 설정

❍ (설정근거) 실패를 용인하고 도전하는 사업에서 실패 혹은 마일스톤 변경 관련 데이터 축적은 이후의 과제 실패를 반복하지 않도록 하는 경험적 자산이 되는 바, 매해 1회 씩 총 10회 실시하는 것을 목표로 설정

❍ (측정방법) 중단한 연구과제를 대상으로 연구 수행 과정에서 발생한 큰 변화(실패 상황에 대한 상세 설명, 대응 방식, Lesson-learned 등)에 대한 보고회 및 세미나 개최 건수를 파악

< 지능적 실패 >

ㅇ '지능적 실패'란 의도적으로 **계획된 시도, 시행, 실험** 등을 통해 혁신과 학습에 접근하는 방법론
ㅇ 위험과 비용을 최소화하면서 가치있는 인사이트를 얻을 수 있는 **작은/관리 가능한 실패를 발생시키는 조건 형성**
ㅇ 실험과 탐색의 모든 과정에서 가정과 가설을 테스트하고 빠른 피드백을 발생시키는 조건 형성
ㅇ 실패의 원인으 분석하고 이해하는 것을 통해, **미래의 성공/개선을 위해 데이터와 지식을 얻는 것**

* 출처 : 한국과학기술원 실패연구소, 안혜정

나. 2단계 성과 목표 및 지표

1 단계별 성과목표

단계별 성과목표					
성과목표-1	과학기술 우수성 확보	가중치	40%	설정 근거	
성과목표-2	창출 기술의 확산	가중치	30%	설정 근거	
성과목표-3	도전적 문화 형성	가중치	30%	설정 근거	

2 성과지표

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
성과목표-1	과학기술 우수성 확보	40%	삼극특허 건수	건	15	기술적	산출	-	◦ 삼극특허는 기술 특허를 주도하는 3개국(미국, 유럽, 일본) 특허기수에 모두 등록된 특허로, 특허의 질적 수준을 나타내는 신뢰성이 있는 지표 ◦ 삼극특허 건수는 혁신적 과학기술의 실현 여부를 판단할 수 있는 지표임
			특허의 우수성 (SMART A등급 비율)	%	4.5(4차년도) (매해 2%씩 증가)	기술적	산출	○	◦ SMART는 특허의 권리성, 기술성, 시장성 등을 측정하는 특허분석평가시스템으로 공신력 있는 기관 (한국특허전략개발원)에서 자료를 제공하므로 특허의 질적 수준을 나타내는 신뢰성이 있는 지표 ◦ SMART A 이상 등급의 특허는 혁신적 과학기술의 실현 여부를 판단할 수 있는 지표임로 특허의 질적 우수성 파악하기에 적합할 것으로 기대
성과목표-2	창출 기술의 확산	30%	우수 기술이전 건수	건	15	경제적	산출		◦ 본 사업을 통해 창출된 기술의 경제적 활용가치 파악과 산업적 파급력을 파악하기 위하여 기술이전 건수를 지표로 설정
			新 기술시장 창출	건	15	경제적	산출		◦ 민간 후속투자 건수는 창출 성과의 파급력을 파악할 수 있는 지표로 혁신기술임을 판별하기에 적합한 지표로 판단
성과목표-3	도전적 문화 형성	30%	연구책임자 (PI) FWCI 증가율	%	50	과학적	산출		◦ 혁신적 · 도전적인 연구 수행에 따른 역량 및 영향력 향상이 예측됨에 따라, 연구책임자들의 능력 향상치 파악 필요

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
			글로벌 미디어 노출 건수	건	5	사회적	산출		◦ 본 사업의 성과를 직접적으로 체감 가능한 성과지표로, 본 사업에서 개발된 기술이 한계초월형 혁신기술이라면, 과학기술계의 주요 글로벌 미디어를 통해 노출되어야 함 ◦ 별도의 보도자료 배포 없이, 사업 성과가 글로벌 미디어에 노출되는 것은 매우 도전적임 목표임
			지능적 실패 건수	건	10	과학적	산출		◦ 본 사업은 실패를 용인하고 실패를 통한 연구과정의 축적으로 나아가는 사업임으로 미래의 성공을 위한 데이터와 지식 확보 건수 파악을 위한 지표 필요

3 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
특허의 우수성 (삼극특허 건수)	◦ 설정방법 : 본 사업은 한계를 도전하는 연구개발 사업임을 감안하여 10억 원당 0.025개의 도전적인 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 최근 5년(`18~`22) 동안 기초단계 연구개발사업 예산 투자 대비 삼극특허 창출은 10억 당 0.024건, 전체 정부 R&D 사업의 경우 10억 당 0.016건으로 산출	◦ 측정산식 : 연도별 삼극특허 등록 건수의 합 ◦ 측정방법 : 특허등록에 시일이 걸리는 것을 고려하여 해당년도 진행과제 및 성과활용현황조사 대상 과제를 기준으로 삼극특허 건수 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
특허의 우수성 (우수특허 비율)	◦ 설정방법 : 특허 등록까지의 시간이 소요됨을 고려하여 사업 추진 4년차부터 목표치를 4.5%로 설정하여 연평균 2%씩 성장하는 것으로 설정 ◦ 설정근거 : 정부 R&D 국내 특허성과의 우수특허 비율은 `22년 4.5%이며 본 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 총 특허 성과 중 우수특허 비율을 산정	◦ 측정산식 : 본 사업을 통해 창출된 우수특허의 비율 측정 ➜ ∑SMART AAA~A 등급 특허 건 /∑수행연도 특허등록 건 ◦ 측정방법 : 당해연도 NTIS에서 검증되 특허등록 실적을 대상으로 SMART 질적지표 A~AAA 등급의 특허 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
우수 기술이전 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 표준성과지표(6차) 5,000만 원 이상의 기술이전 금액을 우수 기술이전으로 설정하고 있으나 본 사업은 변혁적 성과창출을 위한 도전적 사업임에 따라 계약금 1억 원 이상의 기술이전 건을 우수 기술이전 건으로 설정	◦ 측정산식 : 본 사업을 통해 창출된 성과를 타 기관(대학, 연구소, 기업 등)에 이전 시의 계약 금액이 총 1억 원 이상인 기술 건수의 합 ◦ 측정방법 : 해당년도 진행과제 및 성과활용현황 조사에 해당하는 과제를 대상으로 계약 금액의 총 합계가 1억 원 이상인 기술을 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
新 기술시장 창출	◦ 설정방법 : 본 사업 추진 이후의 창업, 민·관 후속투자, 스핀오프 건수 파악은 연구개발의 파급력을 파악하기 위한 사업화 성과지표로 책임PM 당 1건인, 총 15건으로 산정 ◦ 설정근거 : 일본의 ImPACT사업은 사업 기간 중 또는 종료 후 15건의 후속투자를 유치하여 10억 원당 0.028건으로 산출	◦ 측정산식 : 본 사업을 통한 신시장 창출을 스핀오프, 창업기업 수를 포함한 후속투차 유치 건수의 합으로 계산 ➜ ∑(연도별 스핀오프 + 민관 후속투자 유치 + 창업기업 수) ◦ 측정방법 : 해당년도 진행과제 및 성과활용현황조사 대상 기준 연도별 후속 투자유치 건수를 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
FWCI 증가율	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 본 사업 참여자들이 도전적인 연구수행에 따른 역량 및 영향력 향상이 예측됨에 따라, 해당 분야에서의 연구자 역량 향상 정도 확인 필요	◦ 측정산식 : ScoPus, SciVal, DRIMS 등을 통하여 연구자의 FWCI를 파악 ◦ 측정방법 : 연구원들의 사업 참여년도를 기준으로 3년 전 FWCI와 3년후의 FWCI를 비교하여 향상율을 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
글로벌 미디어 노출 건수	◦ 설정방법 : 사업의 추진분야 당 최소 1번의 글로벌 미디어 노출을 목표로 5건을 설정 ◦ 설정근거 : 과학기술계 글로벌 미디어에 본 사업의 성과가 게재되는 것은 혁신기술 실현을 파악할 수 있는 임팩트 있는 성과지표이나, 매우 도전적인 목표임	◦ 측정산식 : 사업 수행년도부터 누적되는 글로벌 미디어 노출 건수의 합 ◦ 측정방법 : 본 사업 성과 중 과학기술계 글로벌 미디어(ureka Alert, ScienceDaily, Phys.org, SciTechDaily, Medical Xpress, Science News, New Scientist, BBC Science Focus Magazine, Reuters Technology News 등)에 게재된 누적 건을 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
지능적 실패 건수	◦ 설정방법 : 실패를 반복하지 않고 실패 과정에서의 데이터 축적을 위한 보고서, 세미나 등의 개최 및 참석, 발간 건수를 파악 ◦ 설정근거 : 실패를 용인하고 도전하는 사업에서 연구 과정	◦ 측정산식 : 사업의 실패 데이터를 누적할 수 있는 실패 보고서, 실패 설명회 등의 당해연도 연구 실패과정 설명 건수의 합 ◦ 측정방법 : 중단, 실패한 연구과제를 대상으로 작성된 보고서 및 세미나 발표 건수 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

③ 3단계 성과지표 설정

❶ 변혁적 혁신기술 확보 건수

❍ (목표) 기존의 한계를 뛰어넘어 새로운 연구분야를 창출하거나 거대 신시장을 창출할 수 있는 변혁적 기술개발 9건*을 목표치로 설정

* '새로운 시장(Market)'을 창출할 세계 최고 기술 3건과 글로벌 연구를 선도할 수 있는 '새로운 연구분야'를 개척해 내는 기술 6건

❍ (설정근거) 동 사업 기간 중 45개의 연구주제 중 20%의 연구주제에서 변혁적 혁신기술을 확보하겠다는 도전적 목표를 설정

❍ (측정방법) 새로운 시장을 창출하는 세계최고기술은 사회경제적 파급효과 지표와 연동하여 측정하고, 새로운 연구분야를 개척하는 세계 최초 기술*은 확보 건수

* (참고) 노벨과학상 수상자 논문성과 통계(2008~2018년)에 따르면, 노벨상 핵심논문 1편당 피인용 수 929.1, 핵심연구와 노벨상 간 시간차 14.5년로 나타남. 이를 근거로 동 사업에서는 핵심논문 출간 후 10년 이내, 피인용 수 1000 수준을 달성할 수 있는 기술을 새로운 연구분야를 개척하는 기술로 정의

❷ 파급효과 발생 금액

❍ (목표) 과학기술적, 경제사회적 파급효과 6조 원 창출을 목표로 선정

❍ (설정근거) 최근 국내외 혁신 사례(모빌아이의 ADAS 시스템과 SAP Hana, 아이엠바이오로직스 IMB-101)를 분석 시 성과 당 파급효과가 2조 원대인 것을 근거로 하여 동 사업에서 창출될 것으로 기대되는 세계 최고 기술 3건을 대입하여 설정

❍ (측정방법) 본 사업 추진을 통해 과학기술적, 경제사회적으로 기대되는 파급효과를 정량적으로 산출

❍ 사업화로 인한 매출(수출, 수입대체), 비용절감(생산성 향상, 원가절감), 신시장 창출규모, 국가 경제성장(무역수지, GDP)기여도, 국가기술역량 향상, 기술지도, 표준, 삶의 질 향상 등의 성과별 파급효과 추정

❸ 우수 연구자 확보 건수

- (목표) 과학기술 분야별 명성 높은 대회의 수상 후보자로 동 사업 참여 연구원 중 변혁적 혁신기술을 창출한 9명이 선정될 것으로 목표치 산정

❍ (설정근거) 동 사업에서 도전적 연구문화를 경험하고, 이를 통해 혁신 성장하여 국내 과학기술계에 변화를 주도하는 연구원들이 다수 등장할 것을 기대

- 총 45개의 연구주제 중 20% 수준에서 우수 연구자가 확보될 것으로 목표치 설정

❍ (측정방법) 글로벌 과학기술계에 명성 높은 대회(노벨상, 필즈상, 아벨상, 울프상, 발잔상, 일본국제상, 빅토라머상, 그루버천문학상, 래스커상 등)의 후보로 이름을 올린 연구자 중 본 사업 참여자 수를 측정

참고 변혁적 성과 예시

❑ (ADAS 시스템) 모빌아이는 고해상도 이미지 처리와 실시간 데이터 분석이 가능한 EyeQ4칩을 발표, 인텔의 인수·투자를 통한 기초·원천기술의 상용기술 개발 및 제품 상용화에 집중

❍ '23년 연매출 20억 7,900만 달러(약 2조 7,586억 원)를 기록하였으며, EYEQ4칩을 중심으로 기술의 경제적 효과를 추정하면 출시된 '16년부터 '23년까지 약 3.2조 원~5.5조 원의 파급효과 추정

<모빌아이 EYEQ4칩을 중심으로 파급효과 추정>

(단위: 억 원)

구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR	기대효과
	매출액[1]	3.6	5.1	7.0	8.8	9.7	13.9	18.7	20.8	28.6%	-
	매출액[2]	4,752	6,727	9,235	11,664	12,831	18,391	24,800	27,586	-	-
R&D 기여율[3]	보수적(28.10%)	1,335	1,890	2,595	3,277	3,606	5,168	6,969	7,752	-	32,592
	일반(35.40%)	1,682	2,382	3,269	4,129	4,542	6,510	8,779	9,766	-	41,060
	도전적(48.20%)	2,291	3,243	4,451	5,622	6,185	8,864	11,954	13,297	-	55,906

1) 인텔-모빌아이사 재무제표, https://www.sec.gov/search-filings
2) 원-달러환율 1,326.91원 가정('22.06~'23.05 1년 평균환율)
3) R&D기여율 차등적용에 관한 탐색연구: ICT R&D사업을 중심으로, 기술혁신학회지.

❑ (SAP Hana) SAP Hana는 SAP의 인메모리 데이터베이스 플랫폼, 데이터 처리와 분석을 신속·효율적으로 수행할 수 있도록 설계된 솔루션

❍ 이후 SAP HANA의 고성능 데이터 처리 및 분석 기능에서 발전된 SAP S/4HANA를 발표

❍ '23년 SAP S/4HANA 클라우드 매출은 34억 9천만 유로(약 4.9조 원), '21년~'23년 사이에만 약 2.5조~4.3조 원의 경제적 효과 발생

<모빌아이 SAP S/4HANA 을 중심으로 파급효과 추정>

(단위: 억 원)

구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR	기대효과
	매출액1)						10.1	20.8	34.9	86.0%	-
	매출액2)						13,389	27,600	49,397	-	-
R&D 기여율 3)	보수적(28.10%)						3,762	7,756	13,880	-	25,398
	일반(35.40%)						4,740	9,770	17,486	-	31,996
	도전적(48.20%)						6,453	13,303	23,809	-	43,566

1) SAP SE 재무제표, '2016~'2020년 SAP S/4HANA, 데이터 확인 불가
2) 원-유로환율 1,415.38원 가정('23년 평균환율)
3) R&D기여율 차등적용에 관한 탐색연구: ICT R&D사업을 중심으로, 기술혁신학회지.

❑ (IMB-101) 아이엠바이오로직스의 리드 파이프라인으로 OX40L와 TNF를 동시에 타깃하는 이중항체 신약인 IMB-101은 미국에서 임상 1상을 진행 중이며 미국과 중국 기업에 약 12.5억 달러(약 1.73조 원) 규모의 기술이전을 수행

❍ IMB-101은 국가신약개발사업단(KDDF)의 '신약 R&D 생태계 구축 연구(비임상단계)'와 '2022년 글로벌 라이센싱 및 공동개발 지원 사업', 식약처 '유전자재조합의약품 맞춤형 상담' 지원 사업, 한국특허전략개발원의 '2022년 FTO분석 지원 사업' 대상 선정 과제로 국내에서 개발된 신약 후보물질

- 향후 개발 및 상업화를 통한 IMB-101의 글로벌 혁신시장 진출을 기대하고 있으며, 임상을 통한 개발 성공 시 아토피 피부염, 천식 등 자가면역질환의 치료제로써 높은 경제적 파급효과를 보일 것으로 예상

❑ 3단계 성과 목표 및 지표

1 단계별 성과목표

단계별 성과목표					
성과목표-1	세계 최고 기술 확보	가중치	50%	설정 근거	
성과목표-2	경제사회적 파급효과 확보	가중치	25%	설정 근거	
성과목표-3	도전적 문화 정착	가중치	25%	설정 근거	

2 성과지표

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
성과목표-1	세계 최고 기술 확보	50%	변혁적 혁신기술 창출	건	9	과학적	산출	-	◦ 본 사업은 과학기술적 우수한 성과(기존의 한계를 뛰어넘어 세상을 변화시킬 수 있는 과학기술) 창출을 목적으로 함에 따라 변혁적 기술개발 확보를 핵심지표로 판단
성과목표-2	경제사회적 파급효과 확보	25%	파급효과 발생 금액	조원	6	경제적	산출	-	◦ 본 사업은 기존에 존재하지 않는 혁신적인 기초 · 원천기술 개발을 수행하여 산업계와 연구계 등에 높은 파급력이 있을 것으로 예상됨에 따라, 창출 성과에 따른 경제사회적 파급효과 추정을 핵심지표로 판단
성과목표-3	도전적 문화 정착	25%	우수 연구자 확보 건수	명	9	사회적	산출	-	◦ 본 사업은 실패를 두려워하지 않고 혁신 성과창출을 위해 도전적으로 연구를 수행하는 문화 형성과 도전혁신적 연구를 수행할 수 있는 연구원들의 역량강화를 목적으로 함에 따라, 본 사업 참여를 통해 도전적 문화를 접하고 역량이 강화된 우수 연구자 창출 건수를 핵심지표로 판단

3 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
변혁적 혁신 기술 확보 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정 근거 : 본 사업은 기존의 한계를 뛰어넘어 세상을 변화시킬 수 있는 변혁적 기술개발 9건 확보를 목표치로 설정하였으며, 이를 통해 세계에 없던 세계 최고 기술 3건 확보를 수행하기 위하여 분야별 핵심기술 개발을 추진	◦ 측정산식 : 글로벌 최고 기술 보유 수 또는 미래 핵심기술 보유 수를 측정 ➜ ∑글로벌 최고기술 + 미래 핵심기술 건수 ◦ 측정방법 : 본 사업을 통해 창출되는 기술이 해당 분야에서 세계 최초, 국내 최초 등의 혁신 연구개발 성과임을 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사(과제 종료 후 5년 내) 마감 이후(차년도 2월)
파급효과 발생 금액	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 최근 국내외 혁신 사례(모빌아이의 ADAS 시스템과 SAP Hana, 아이엠바이오로직스 IMB-101)를 분석 시 성과 당 파급효과가 2조 원대인 것을 근거로 하여 동 사업에서 창출될 것으로 기대되는 세계 최고 기술 3건을 대입하여 설정	◦ 측정산식 : 본 사업을 통해 산출될 것으로 기대/예상되는 파급효과의 합 ◦ 측정방법 : 본 사업 추진을 통해 과학기술적, 경제사회적으로 기대되는 파급효과를 정량적으로 산출 ➜ 사업화로 인한 매출(수출, 수입대체), 비용절감(생산성 향상, 원가절감), 신시장 창출규모, 국가 경제성장 (무역수지, GDP)기여도, 국가기술역량 향상, 기술지도, 표준, 삶의 질 향상 등의 성과별 파급효과 추정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
우수 연구자 확보 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 본 사업에서 도전적 연구문화를 경험하고, 이를 통해 혁신성장하여 국내 과학기술계에 변화를 주도한 우수연구자 9명 확보를 목표	◦ 측정산식 : 과학기술 분야별 명성 높은 대회의 수상후보자 중 본 사업과 연관있는 후보자들의 합 ◦ 측정방법 : 글로벌 과학기술계에 명성 높은 대회(노벨상, 필즈상, 아벨상, 울프상, 발잔상, 일본국제상, 빅토라머상, 그루버천문학상, 래스커상 등)의 후보로 이름을 올린 연구자 중 본 사업 참여자 수를 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

Ⅴ. 세부 추진 절차 및 주요 내용

1 책임PM 선정

❑ 동 사업과 기존 도전·혁신형 R&D 사업 및 국가연구개발사업과의 차별성은 사업 全 주기를 관리하는 '책임PM'의 역할

❍ 책임PM은 단순히 문제를 제시하는 것이 아니라, 실제로 그 문제를 해결하기 위한 연구 활동을 적극적으로 지원하고 촉진하는 역할을 하며, 이는 연구자들과의 협업, 자원 제공, 연구 방향 제시 등 다양한 방식으로 이루어짐

< 책임PM의 주요 역할 구성(안)>

구분	주요 내용
역할	• 연구분야에 따른 프로그램 상세 기획 및 수행 기관 연구책임자 선정 • 연구 프로그램의 전주기적 관리 및 예산의 자율적 분배 • 과제 관리·평가를 통한 마일스톤 변경 및 중단 선언 등 사업 추진 • 연구 성과 활용을 위한 기술사업지원팀과의 연계
덕목	• (전문성) 연구성과에서 뛰어난 실적을 달성한 인물 중 관리/정부 업무 경험 보유 • (혁신성) 혁신부분에서 성과를 인정받은 인물로 변혁적인 기술에 대한 비전 보유 • (열정) 리스크에 대한 용인, 절박성, 혁신의 원칙을 불어넣고, 탁월한 리더십 보유 • (성격) 다양한 분야에 걸쳐 파트너십을 구축할 수 있는 외교적 감각과 통찰력 보유
자질	• 도전혁신적 연구개발 사업의 이해 및 역량 보유 • 연구개발 및 기술사업화 등의 경험 또는 실적 • 연구분야에 대한 이해도 및 관심, 잠재능력(고도의 기술 통찰력) 보유 • 국내외 연구개발 동향 파악 및 정보 수집 능력, 폭넓은 시야와 시각 • 국내외 학계·산업계 네트워크 보유, 협업 및 네트워킹 능력 • 연구자 및 관계자 등과의 원활한 커뮤니케이션 능력 및 리더십 존재
형태	• 상근 근무를 원칙으로 필요시 연장을 통해 상황에 맞는 고용 가능 -(임기) 책임PM의 전문성, 아이디어의 혁신성 등을 고려한 단기 채용 : 3년간의 계약, 필요시 1~3년 연임 가능 -(연봉) 연 2억 원 이상의 연봉 및 세금 혜택 등의 기타 보상 체계 지원

❍ 혁신적인 PM을 선정하기 위해 요구사항을 명확히 정의하고, 광범위한 홍보를 통한 모집, 서류와 심층 인터뷰를 통한 평가, 실무 평가 및 레퍼런스 검증 등의 과정을 거치며, 최종 선정된 책임PM에게는 온보딩(On-boarding) 및 교육, 네트워킹 기회를 제공

< 책임PM 선정 추진 절차(안) >

한계도전 아카데미 운영	▶	책임PM 선정 공고	▶	공모 추천	▶	서류심사	▶	면담심사	▶	최종선임
한계도전전략센터 + 외부전문가		한계도전전략센터/과기부		1달간 공모, 적임자 물색		접수된 기획서 심사		발표/질의응답을 통한 최종 후보자 도출		한계도전 전략센터

-(요구사항 정의) 책임PM 포지션에 대한 자세한 업무 내용, 필요 역량, 기대치

등을 명확하게 정의하여 제시해야 하며, 요구사항으로는 기술적 역량뿐만 아니라 리더십, 커뮤니케이션 능력, 혁신적 사고 등의 인성 역량을 고려

- (공개 모집 및 홍보) 다양한 인재를 유치하기 위해 주요 학회 및 학술단체, 산업계, 정부 및 공공기관, 연구자 커뮤니티, 글로벌 전문가 네트워크, 기존 PM/PD 유경험자 POOL 등을 통해 광범위하게 홍보하고 추천받아 적임자 물색

  ➟ 책임PM의 역할 및 필요성, 한계도전 R&D의 이해를 바탕으로 적임자 선발을 위하여 공고를 통한 적임자 공모 및 추천제 동시 운영

- (서류 검토) 지원자의 이력서, 포트폴리오, 추천서 등을 검토하여 전문성과 경험을 평가하며, 서류상에서 해당 책임PM 포지션에 적합한 후보를 선별

  ➟ 책임PM 후보자가 ①정의한 문제 및 한계점, ②해결하기 위한 방법론, ③파급효과, ④사업 운영 계획 등을 중점으로 고려하여 책임PM의 기획서 심사

  ➟ (심사단) 한계도전전략센터의 내외부 이해관계자로 심사단을 구성하여 면담심사 대상자를 추천 및 선정

- (면담심사) 서류 전형을 통과한 후보자들과의 면담(인터뷰)를 진행하여 전문성, 리더십, 문제해결 능력, 혁신적 사고 등의 역량을 중점적으로 평가

  ➟ 기획사를 기준으로 책임PM 후보자들의 문제 정의 및 과제 기획 역량을 확인하고, 한계도전 R&D의 이해도를 중점으로 고려하여 전문성을 종합적으로 판단

- (레퍼런스 검증 및 최종 제안) 최종적으로 레퍼런스를 검증하고 모든 평가 과정을 통과한 후보자에게 최종 제안을 하여 합의를 통해 책임PM으로 선정

- (온보딩 및 교육) 필요시 선정된 책임PM에게 초기 교육 및 멘토링을 제공하여 그들의 역량을 강화하고, 조직 내에서의 빠른 적응을 지원

  ➟ 교육 및 멘터링은 한계도전 아카데미를 활용하거나 전임 책임PM, 운영지원조직 등을 통해서 수행

1-① 책임PM 확보 및 유지 방안

❑ 한계도전 R&D의 정착은 장기적인 책임PM 유인책으로 작용할 것이며 지속적인 책임PM 확보를 위한 아카데미 운영 필요

❍ (사업 특성) 한계도전 R&D 프로젝트의 책임PM은 자율적인 의사결정 권한과 도전적인 연구기획을 수행할 수 있는 ‘리더’라는 점에서 충분한 유인책으로 작용할 것으로 전망

- 기존 R&D 사업에서 PM은 사업을 효과적으로 관리하고, 사업의 공정성에 집중한 관리자 역할을 중심으로 자율적인 권한 행사에 어려움이 존재하였으나 책임PM의 자율성·독립성을 인정받는 DARPA형 사업의 책임PM은 전문성과 권한 행사가 가능하여 연구현장의 관심도가 높을 것

❍ (네트워크) 도전·혁신적 연구과제의 지속적인 수행을 통하여, 한계도전 R&D 프로젝트 사업은 과학자와 연구자들과 강력한 네트워크를 형성한 후 신뢰받는 시스템으로 정착할 것으로 전망

- 세상에 없던 기존의 한계를 뛰어넘어 변화를 주도할 수 있는 원천기술 개발이라는 과학적 사명감은 연구자들이 책임PM으로 활동할 수 있는 원동력으로 작용하고, 책임PM의 자율적인 예산 운영은 연구자들이 책임PM 활동에 긍정적인 부분으로 작용할 것으로 예상

- DARPA의 경우 보수적인 프로젝트와 달리 관리·감독없이 고액의 자금을 통제할 수 있는 권한은 매력적으로 평가되며, 애국심도 중요한 요소임. 또한 엘리트 그룹의 존경을 받을 수 있으며, 자신이 세상에 보이고픈 비전을 실현할 수 있기에 큰 동기부여가 된다고 함

❍ 지속적인 사업 추진과 책임PM의 확보를 위하여 도전·혁신적 사고, 다학제적 접근 등을 교육하는 한계도전 아카데미 운영 필요

- 책임PM 발굴 및 교육에 대한 체계성 강화를 위해 한계도전 R&D의 가치지향을 내재화하는 프로그램 추진

- 센터장과 먼저 선발된 책임PM들이 전문가와 함께 다음 책임PM 후보자들을 멘토링하며 정기적인 내부 세미나, 워크숍 등으로 통한 새로운 지식 전략 습득 기회의 장 마련 추진

❑ 사업 성공률 제고를 위한 다양한 관점에서의 과제 추진이 필요하며, 복수PM 제도는 사업과 추진 과제의 지속성·연속성을 유지·보완해 줄 것으로 인식

❍ 한계도전 R&D 프로젝트에서 책임PM의 임기는 3년으로 마지막 6개월은 후임 책임PM과 함께 사업을 관리하는 복수PM 제도로 운영되며, 이는 PM 활동의 연속성을 위함

- 한 분야당 책임PM이 2명이 존재하는 6개월 동안 진행 중인 사업 및 과제 현황과 사업관리 등에 대한 의사소통을 수행하고, 기존 과제들의 원활한 진행을 위한 관리 방안 마련

- 기존 책임PM과 새로운 책임PM은 과제 수행 방향 및 마일스톤 달성 목표 등을 공유하며 연구 목표 달성을 위한 다양한 관점 공유를 통해 사업의 성공률 제고 수행

❍ 기존 한계도전 R&D 프로젝트의 책임PM임기는 최대 4년(2+1+1)이며 동 사업은 책임PM의 임기를 3년으로 지정하였으나, 필요시 최대 6년(3+3)으로 연장하는 방안 또한 고려

- 과제의 일관적이고 연속적인 수행이 필요할 시, 책임PM의 임기를 3년이 아닌 최대 6년(3+3)으로 연장하여 과제의 최종 종료(최초 마일스톤 목표 달성)까지 책임을 지도록 하는 방안 고려

❍ 미국 DARPA는 최대 4년(3+1)이나 대부분 3년 단임으로 활동하며, 분야별 다수의 PM 활동을 관리하기 위한 Office Director와 PM의 역할을 지원하는 SETA가 존재하여 과제의 업무와 연속성을 유지하는 것으로 파악됨

- 동 사업에서는 한계도전전략센터와 센터장이 위와 같은 업무를 수행할 것이며, 외부 지원조직인 SETA, 한계도전 아카데미 등을 통해 책임PM의 연속성을 지원(support) 할 것임

1-② 책임PM 권한 및 책무성

❑ 책임PM은 한계도전 R&D 프로젝트 사업 全 주기를 주도적으로 이끄는 역할을 수행함에 따라 막강한 권한을 지니며 그에 따른 책임을 지님

❍ (권한) 과제의 기획·선정·관리·평가를 수행하는 주체로 과기부(연구재단) 등과의 직접적인 의사소통으로 사업의 문제해결 및 진행 관련 사항 공유를 통한 빠른 의사결정 권한을 지님

- 책임PM은 과제별 자원 및 예산 분배, 주요 기술 결정, (필요시) 계약 조정, 연구 방향의 변경이나 중요한 전략적 결정을 내릴 수 있는 권한을 가짐

❍ (지원사항) 과제의 효과적인 진행을 위해 필요한 교육, 네트워킹 기회, 전문가 지원팀 제공, 기술 및 자료 접근, 예상치 못한 재무적 요구에 대응할 수 있는 지원이 필수적임

- (교육 및 훈련) '(가칭) 책임PM School'을 통해 책임PM이 효과적으로 역할 수행을 할 수 있도록 필요한 교육과 훈련 및 책임PM 상호 간 공감대 형성을 지원

- (내외부 전문지원조직) 책임PM이 성공적으로 프로젝트를 주도할 수 있도록 필요한 전문가 자문 및 센터 내외부에 전문 지원조직을 구성하여 정보 제공

  ➟ (기술 및 자료 접근) 책임PM이 필요로 하는 심층 기술이나 빅데이터 자료에 쉽게 접근할 수 있도록 해외 출장, 데이터 분석 등 지원

  ➟ (재무 지원) 재무적인 요구사항이나 리스크에 대응할 수 있도록 지원해야 함

  ➟ (네트워킹) 국내외 혁신기관의 PM들과의 네트워킹 기회를 제공하여 효과적인 연구 및 개발 전략, 프로젝트 관리 방법 등에 대한 경험과 지식을 공유하도록 지원

❍ (책무성 강화) 책임PM의 모든 주요 결정사항은 본인이 투명하게 기록하도록 하고, DARPA의 Office PM Director 역할을 하는 한계도전전략센터의 센터장이 분기별로 PM의 성과(Performance)에 대한 평가와 상담을 하고 서면 기록하도록 권장하며, 이는 필요한 경우 이해관계자들에게 공개하도록 함

- (실명제) 동 사업은 책임PM의 전주기적 관리를 통해 수행됨에 따라, 과제 기획-공고 과정 수행에 있어 투명성과 책무성 제고가 필요, 이에 담당 '책임PM

실명제’ 운영을 통하여 연구자들이 과제 기획 과정에서 동 사업을 직·간접적으로 모니터링 할 수 있도록 사업 담당자를 공개

➟ 동 사업의 투명성과 신뢰성을 제고하기 위한 사항으로 기획 과정에서의 담당 책임PM의 실명과 의견을 기록·관리하도록 권장하나 의견사항은 필요시에만 이해관계자들에게만 공개

- (투명제) 한계도전 R&D 프로젝트는 공고 및 프로그램 주요 내용, 의사결정 내용을 홈페이지를 통해 공개하여 연구참여자들의 자발적인 규제를 제고

➟ DARPA 모델과 유사하게 연구 과정 전반을 대중에게 공개하지는 않으나 주요 과정 등을 간략하게 공지함으로 대략적인 사업 수행 과정을 공개하여 연구참여자의 자발적·자율적 규제 도모

- (문서화) 책임PM은 주요 의사결정 사항을 기록하고, 연구참여자들과의 의사소통 사항과 과제 추진 현황 등을 활동일지나 서류를 통해 작성·평가하여 책임PM의 책무성을 강화

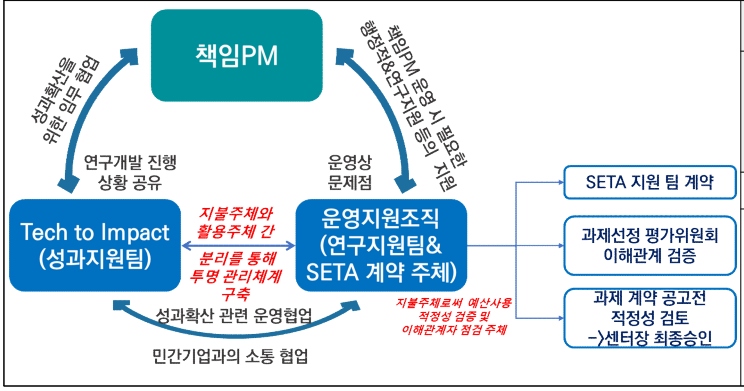
➟ 동 사업은 기존 연구개발사업의 문제로 지적된 행정적 부담을 없애기 위하여 책임PM과 연구자들에 대한 행정적 지원을 수행하는 내외부 지원조직을 운영

➟ 관련 활동일지 등은 필요한 경우에만 이해관계자들에게 공개 예정

< 책임PM이 준수해야할 주요 윤리 규정 >

구분	주요 내용
공익 실현	• 책임PM은 변혁적 과학기술을 창출 할 수 있도록 하는 우수한 연구과제가 선정 · 지원될 수 있도록 책임과 의무를 다해야 함
상호 존중	• 책임PM과 연구자들은 개개인의 시각, 의견, 독립성, 능력, 지식재산권 및 다양성 등을 인정하고 존중해야 함
전문성	• 책임PM은 해당 학문분야의 폭넓은 이해, 풍부한 전문지식 및 높은 수준의 학제적 감각과 전문적 행정능력(연구사업 기획, 과제평가, 성과관리 등)을 가져야 함
공정성	• 책임PM은 연구사업을 객관적이고 공정하게 운영 · 관리해야 함

- 또한, 한계도전전략센터는 센터 내 운영지원조직을 통하여 사업의 계약 관련 투명성, 평가단 이해관계자 검증 등의 업무를 수행함하여야 하며, 이를 통해 투명한 관리체계를 구축하여야 함

책임PM과 운영지원조직의 분리	구분	주요 내용
	T2I	• 성과 확산 업무 관련 협업 수행
	운영 지원 조직	• 지원 계약, 이해관계자 검증, 적절성 검토 등을 수행
	▼	
	책임PM을 지원하는 조직 간의 역할 분리를 통하여 투명한 관리체계 구축 수행	

❍ (360도 평가) 프로젝트 팀원, 이해관계자, 외부 전문가 등 다양한 관점에서 PM의 성과와 리더십 능력을 연차별로 평가하고 필요시 공유

- 특히, 책임PM이 연구자와의 파트너십을 얼마나 잘 관리하고, 협력을 촉진하는지 등을 중점적으로 평가하고, 혁신적인 아이디어를 발굴 및 촉진하기 위한 노력과 성과, 동시에 위험을 관리하는 능력을 평가

1-③ 책임PM 교육

❑ 한계도전 아카데미 운영

❍ 한계도전 아카데미는 실패허용, 다학제적 접근, 글로벌 시각, 도전·혁신적 사고, 네트워킹 등을 교육하고 한계도전 R&D의 가치지향을 내재화하는 프로그램이며, 한계도전전략센터의 센터장이 주관하여 수행

- 실패를 허용하고 도전을 강조하는 문화를 구축함으로써, 연구와 개발의 환경과 방향성을 변화시키는데 기여하며 참가자들에게 서로 다른 배경을 바탕으로 아이디어를 교환하는 환경을 제공함으로써 다학제적 접근방식과 연구 혁신을 촉진

❍ 책임PM 발굴 및 교육을 위해 체계적인 사업 기획과 모니터링을 중점으로 하는 “한계도전 PM 스쿨”과 차세대 패러다임 창출을 위한 핵심 인재 발굴과 양성을 목표로 하는 “한계도전 인재 스쿨”로 구성

- (책임PM 발굴 및 역량 강화) PM 스쿨을 통해 책임PM 발굴과 교육 훈련 커리큘럼을 운영하여 해당 교육 프로그램 이수자 중심으로 전문적이고 체계적인 신규 사업 기획에 착수하고 PM을 중심으로 기존 사업 모니터링 체계를 구축

  ➟ 한계도전전략센터의 센터장 주관하에 먼저 선발된 책임PM들이 전문가와 함께 다음 후보들을 멘토링하여 그들의 잠재력과 능력을 직접 평가하고, 이를 통해 얻은 피드백과 추천을 바탕으로 새로운 책임PM을 추천

< DARPA의 PM 교육 및 네트워킹 >

- DARPA는 전문가 그룹을 두텁게 하고 보다 우수한 자문역량을 갖춘 인사를 사전에 발굴하기 위해, DSSG(Defense science study group)라는 2년 기간의 교육 연구 프로그램을 운영하고 있음, 이는 DARPA의 지원으로 1986년부터 시작된 젊은 과학기술자를 대상으로 한 국방에 관한 교육연구 프로그램으로 미 국방연구원(IDA)에서 주관하며, 2년에 걸쳐 총 8세션의 과정을 진행하면서 국방부, 각 군 현장을 견학하고 미국의 안보 이슈를 함께 토의하고 연구함

< 한계도전 PM 스쿨 운영(안) >

구분	주요 내용
방향	• 책임PM의 핵심 역할을 네트워크 구축으로 설정하여 효과적인 의사 소통자 및 조정자 역할이 되도록 전문가를 발굴하여 비전을 공유하고 교육
커리큘럼	• 한계도전 R&D 특성 이해(실패 관리, 리스크와 기회에 대한 균형), 프로젝트 운영 철학, 이해관계자 관리 및 네트워킹 방법 등 • 도전적 R&D 경영 Best Practice 습득, 빅데이터와 AI 분석 숙달, 인간관계 학습
운영방안	• 성공적 혹은 실패한 도전적 R&D 프로젝트의 사례를 분석, 해당 사례를 통해 어떤 결정이나 행동이 결과에 영향을 미쳤는지 학습(케이스 스터디) • 다양한 연구분야의 PM들이 서로 경험과 지식을 공유하며 협력의 기회를 모색할 수 있는 행사나 워크샵 개최(네트워킹 이벤트) • 글로벌 컨퍼런스 참가 지원 등을 통해 국내외 PM/PD 활동 벤치마킹과 협업 촉진 • 책임PM의 역량 개선을 위해 교육과정 후 피드백 및 평가 시스템 운영 • 최신의 프로젝트 관리 및 학술정보 빅데이터 분석도구, 소프트웨어, 리소스 등을 소개하고 교육하여 책임PM들이 현장에서 효과적으로 활용할 수 있게 함

- **(인재양성)** 차세대 패러다임과 新영역을 창출하는 새로운 아이디어 및 주요 개념의 집중 교육과정을 통해 핵심 인재 양성, 실패허용·도전지향 문화 확산

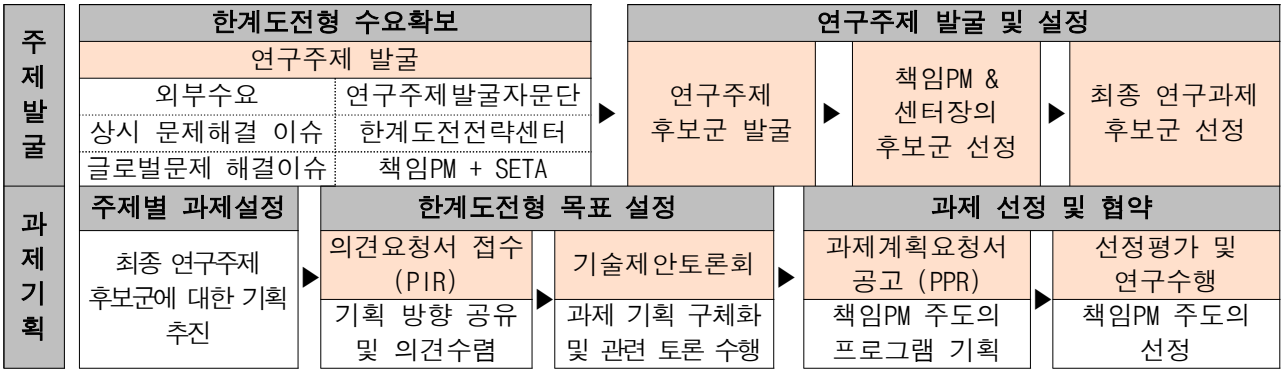
< 한계도전 인재 스쿨 운영(안) >

구분	주요 내용
방향	• 차세대 패러다임 창출에 초점을 둔 핵심인재 양성 및 실패허용·도전지향 문화 확산
커리큘럼	• 새로운 아이디어 발굴에 대한 교육, 다양한 분야와의 네트워킹, 실패의 교훈 학습
운영방안	• 새로운 기술, 아이디어, 접근 방식 등의 주요 개념에 대한 세미나와 개최 • 실패사례 분석 및 리스크관리, 도전과 혁신을 위한 사고방식 교육 • 각 분야의 전문가와의 원-온-원 멘토링 제공 • 투자자, 기업체, 관련 기관과의 네트워킹 이벤트나 피칭 세션 등을 통해 실제 사업화를 위한 플랫폼 제공 • 초기 혁신적 아이디어 제안 콘테스트 또는 소규모 Seedling 프로그램 지원 • 국내외의 연구기관과 교류 프로그램이나 공동 연구 프로젝트 추진 등

2 사업 기획 단계

❑ (기획) 책임PM 주도의 과제 기획

< 책임PM 주도의 연구기획 프로세스 >



❑ 연구주제 선정을 위해 국가·사회적으로 해결이 필요한 난제 발굴 및 정의

< 연구주제 발굴 및 후보군 선정을 위한 프로세스 >

구분	주요 내용	주체	기간
문제도출	• 외부 수요와 상시 문제해결 이슈, 글로벌 문제해결 이슈 등을 연구주제발굴자문단, 한계도전전략센터, 책임PM과 SETA이 발굴하여 문제 도출 수행	자문단, 센터, 책임PM	2개월
문제정의	• 책임PM의 주도하에 향후 경제·사회적 문제가 될 수 있는 이슈를 바탕으로 문제를 정의	책임PM	1개월
연구주제 후보군 도출	• 책임PM은 문제해결시 파급력이 높을 것으로 예상되는 연구주제 후보군들을 도출 - 책임PM이 직접 또는 기술수요조사, 인적 네트워크 활용, 관련 분야 전문가와의 인터뷰 등을 통해 연구주제 발굴	책임PM	2개월
최종 연구주제 후보군 선정	• 책임PM과 한계도전전략센터장의 협의를 통한 최종 연구주제 후보군 선정	책임PM 센터장	1개월

① **(문제도출 및 정의)** 책임PM(+SETA), 한계도전전략센터, 연구주제발굴자문단은 대내외 현황 분석을 통한 글로벌 문제 해결 이슈 수집, 온라인 수요조사를 통한 상시 문제해결 이슈 수집 등을 통해서 해결이 필요한 문제 도출을 수행

② **(연구주제 후보군 도출 및 최종 후보군 선정)** 책임PM은 연구주제발굴자문단과 한계도전전략센터, 책임PM(+SETA)를 통해 발굴된 이슈를 종합적으로 분석하여 문제를 정의하고, 도전적인 문제에 대한 연구주제 선정을 수행

❑ 책임PM은 선정된 연구주제 해결 및 목표 달성을 위하여 산·학·연의 의견 수렴을 수행하고 다양한 활동을 통하여 연구과제 선정 추진

< 연구과제 선정 및 상세기획을 위한 프로세스 >

구분	주요 내용	주체	기간
의견요청서 (PIR) 접수	• 연구자에게 기획 추진 방향 공유 및 연구자 의견수렴 - 온라인(홈페이지 등)으로 산 · 학 · 연 의견 수집	책임PM, 연구자	2개월
⇩			
기술제안 토론회	• 전문가 토론 및 현장 의견수렴을 통해 과제 기획 수정 · 보완 · 구체화 - 프로그램을 연구자들에게 설명하고, 예비 제안자(PIR 응답자)들의 발표 및 기술적 접근방법 토론 등을 통해 참가자들 간 파트너십 형성 기회 마련 (책임PM 선별 초청자 외 비공개)	책임PM, 연구자	1개월
⇩			
과제계획요청서 (PPR) 확정	• 기술제안토론회 이후, 책임PM이 작성한 과제계획요청서(PPR)에 대해 한계도전전략센터장과 협의하여 최종 확정	책임PM, 센터장	1개월
⇩			
신규과제 공고	• NTIS, 과기정통부, 재단 홈페이지 및 IRIS에 30일 이상 공고 - 응모 및 선정 과제가 없거나, 단독응모 과제인 경우 원칙적으로 10일 이상 재공고 * 선정과제가 없는 경우, 과기정통부-전문기관 간 협의하여 재공고 가능 * 과제는 단독연구를 우선으로 하며, 주제 도출 과정에서 명확한 방법론이 정해질 수 있다면, 의견요청서(PIR)과 기술제안토론회는 제외할 수 있음	과기정통부	1개월

① **(의견요청서 접수)** 책임PM은 연구주제의 기획 추진 방향을 연구자들에게 공유하고, 새로운 기술정보와 관련 분야 전문가들의 의견을 청취하기 위하여 의견요청서(PIR) 접수를 수행

- ①연구주제 개요 및 배경, ②해결하고자 하는 기술적 과제, ③기대되는 혁신성과 도전성, ④제안받고자 하는 아이디어의 범위, ⑤응답서 제출 요건 및 방식을 중심으로 구성

② **(기술제안토론회)** 연구주제별 기획 내용 구체화를 위하여 책임PM의 주도하에 주요 의견요청자 응답자와 관련 분야 전문가들과 연구 목표와 문제해결 기대치를 연구현장에 전달하는 등의 토론을 수행

③ **(과제계획요청서 확정 및 공고)** 기술제안토론회 이후 연구의 목표/연구 내용 및 범위/성과 목표 등을 명시한 과제계획요청서 구체화 수행

[참고] 책임PM 주도의 연구주제 발굴 고도화

❑ 연구주제 발굴의 질적 고도화를 위한 다양한 이해관계자 참여(집단지성) 기반의 한계도전 R&D 주제 발굴 온·오프라인 플랫폼 상시 운영

❍ (❶ 온라인 플랫폼) 포럼, 설문조사, 웹세미나 등 다양한 도구를 활용하여 이해관계자들의 의견을 수집, 연구 분야의 검증과 업데이트

- (상시 연구주제 발굴 시스템) 연구분야 및 주제에 대한 상시적인 아이디어 제안을 받아들여, 특정 방향성만을 고집하지 않고 다양한 관점과 접근법을 수용할 수 있도록 해야 함

❍ (❷ 연구주제발굴자문단) 연구분야 발굴 및 선정을 위한 오프라인 플랫폼 역할을 하는 기구로, 전문가 집단지성을 활용하여 한계도전 R&D의 과학적 방향과 도전적 목표설정에 대한 자문 제공

- 한계도전 R&D 연구 분야 및 문제 발굴 프로세스의 질적 고도화를 위해 두 가지 트랙의 접근방식을 적용하고자 함

- 국내외 변화하는 사회상에 대한 환경분석 및 국내외 기술동향 조사·분석을 통하여 변화하는 미래사회상에 따른 필요 기술 분야 도출

< 연구주제발굴자문단 구성 및 운영시 고려사항 >

구분	주요 내용
다양성	• 다양한 분야의 전문가들로 구성하여 토론 시 다양한 관점과 전문성을 반영할 수 있도록 함
독립성	• 외부의 압력이나 편향된 의견으로부터 독립적이어야 하며, 책임PM의 최종판단을 위한 다양한 자문역임
투명성	• 자문단의 활동과 결정 과정은 투명해야 하며, 이를 통해 공정성을 보장하고 대외적 신뢰를 얻을 수 있음
책임성	• 자문단은 그들의 결정에 대한 책임을 가져야 하며, 이에 대한 설명 의무가 있음
효율성	• 자문단의 의사 결정 지원하는 과정은 빠르면서도 체계적이어야 하며, 이를 위해 책임PM의 의사결정 기준을 명확히 설정하는 것이 중요함
업데이트	• 연구 및 기술 분야의 빠른 변화를 반영하기 위해, 주기적으로 자문단의 구성원을 업데이트하거나, 특정 주제에 대한 전문가를 추가적으로 초청할 필요가 있음
윤리적 고려	• 책임PM과 자문단은 연구 윤리 및 사회적 가치를 고려하여 결정을 내려야 함
국제협력	• 국제적 현안이나 연구 동향을 반영하기 위해, 해당 경험이 풍부한 전문가를 자문위원으로 포함
지속적 교육	• 자문단 구성원들은 최신의 연구 동향, 기술 변화 등을 지속적으로 학습하며 업데이트 해야 함

< 연구주제발굴자문단 구성(안) 및 역할 >

구분	주요 내용
구성	• (인원) 총 5~8명 내외의 분야별 최고 전문가로 구성 : 해당 분야에 높은 이해도를 지니고 있는 산·학·연 전문가 • (기술분야별) 산업·기술적 수요가 예상되고, 국가적 현안 및 글로벌 문제(난제)에 부합하는 연구분야 분야 판단 • (정책) 연구분야가 기존 R&D 전략과의 연계성 및 부합성이 있는지 판단 • (성과창출) 연구분야의 변혁적 성과창출을 위한 적정성 판단
자격	• 국내외 분야별 최고 전문가 섭외 필요 • 박사 학위 취득 후 해당 분야에서 15년 이상의 경력을 지난 전문가 • 해당 분야 교수급의 이해도 및 전문적 지식을 지닌 전문가
역할	• (연구주제 발굴 지원) ①미래사회트렌드분석 → ②미래모습예측 → ③필요기술도출 등을 통하여 문제를 발굴하고 연구주제 도출을 위한 책임PM 지원

❑ ‘ABCD 문제발굴 파인더’ 시스템을 활용하여 연구 주제를 발굴

<연구주제 발굴을 위한 문제접근 방식>

접근 방식	주요 활동	세부 내용
❶ 의제주도 접근 (Agenda-driven) 전략적 의제 설정	R&D 정책 분석	• 국가 정책방향 검토(국정과제, 과학기술기본계획 등) • 국가전략기술 및 전략 로드맵 분석 • 정부 정책 현안 및 아젠다 모니터링
	글로벌 트렌드 분석	• 글로벌 산업·시장·기술 트렌드 조사 • 주요국 과학기술 혁신정책 벤치마킹 • 지속가능발전 관련 국제사회 공동과제 도출
❷ 현장주도 접근 (Bottom-up) 현장 수요 발굴	연구계 니즈	• 연구현장 분석을 통한 난제 해결방안 및 도전적 연구주제 파악 • 국가미래 중점분야(정책) 중심의 우선해결 기술분야 발굴
	사회적 니즈	• 온라인 플랫폼을 활용한 국민제안 수집·분석 • 사회문제 해결형 연구수요 발굴
❸ 협력주도 접근 (Collaborative) 이해관계자 협의	책임PM 활동	• 책임PM 고유 전문지식 및 연구경험 기반 이슈 발굴 • 책임PM 인적 자본을 활용한 연구동향 파악
	산학연 협력	• 산·학·연 협력 네트워크 구축 및 전문가 Pool 확보 • 산·학·연 협력 네트워크 운영(간담회, 워크샵, 기술교류회 등)
❹ 데이터기반 접근 (Data-based) 증거기반 분석	기술역량 진단	• 국내외 기술동향 조사 및 분석 • 기술격차 분석 및 개선영역 도출 • 미래기술 예측 및 탐색
	성과 분석	• 특허·논문 등 성과분석을 통한 기술적 한계점 도출 • 성공-실패사례 분석을 통한 핵심 문제요인 규명 • 연구성과 활용 현황 기반 기술완성도 제약요인 파악

❍ ‘ABCD 문제발굴 파인더’ 기반의 연구주제 발굴 이후 연구주제 설정을 위하여 ‘FIRST 프레임워크’를 활용

<연구주제 설정을 위한 프레임워크>

구분	주요 내용
Frontier	• 글로벌 시장의 게임체인저로 새로운 성장 기회를 창출할 수 있는가?
Intitiative	• 국가·사회적 차원의 전략적 대응과 선제적 투자가 필요한가?
Realization	• 국민 삶의 질적 향상을 위한 실용적 솔루션 창출이 가능한가?
Surprise	• 기존의 패러다임에 혁신적 전환을 가져올 수 있는가?
Trigger	• 미래 사회 변화와 국가 경쟁력 강화의 결정적 계기가 될 수 있는가?

❑ 과제 선정에 있어 책임PM은 연구 현장에서 제시된 방법론을 면밀히 파악·평가하여 연구과제 선정 수행

< 연구과제 선정평가를 위한 프로세스 >

구분	주요 내용	주체	기간
1차 평가 (서면)	• 연구개발계획서요약서를 기준으로 과학기술적 도전성, 연구계획의 적절성, 한계도전 R&D 사업 적합성 평가 - 평가위원은 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 평가위원을 구성	책임PM	3주
⇩			
2차 평가 (토론)	• 과학기술적 도전성, 연구계획의 적절성, 한계도전 R&D 사업 적합성, 연구자의 우수성 평가을 토론을 통하여 평가 - 평가위원은 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 평가위원을 구성	책임PM	3주
⇩			
최종선정	• 책임PM과 센터장은 협의를 통하여 과제 평가 결과 검토 및 최종과제 선정 수행	책임PM, 센터장	2주
⇩			
선정평가 결과설명회	• 평가결과에 대한 설명회를 수행하여 선정 과정에 대한 대외 공정성 및 투명성 확보 -(평가위원 간담회) 평가위원을 초청하여 과제의 개별적인 절대평가 방식 등을 통해 이미 진행된 평가에 대한 의견 청취 -(평가결과설명회 및 개별 면담) 연구자를 대상으로 연구주제별 기획 의도·과정, 평가 취지, 평가 의견 등을 설명하고 과제 제안사의 신청 시, 과제별 보완점 컨설팅 등의 개별적 면담 수행	책임PM, 연구원	3주
⇩			
협의	• 선정 연구자들은 책임PM과의 협의를 통하여 연구 계획 및 방법을 조율하는 상세계획을 수행하고 목표 달성을 위한 마일스톤 계획을 수립하여 최종 과제 협의를 수행	책임PM, 연구원	1주

① **(1차, 2차평가)** 책임PM의 재량으로 평가위원을 선정*하며 과제 평가 수행

* 과제 평가위원에 책임PM 또한 선정될 수 있으며, 평가위원들은 사업의 이해와 평가 기준에 대해 해당 분야 책임PM에게 자세한 설명(교육)을 받고 평가에 임해야 함

② **(과제 선정 및 선정평가 결과설명회 실시)** 선정 결과에 대한 대외 공정성 및 투명성 확보를 위해 선정평가 결과설명회를 실시

- 한계도전 R&D 프로젝트는 평가 결과를 단순 통보하는 기존 R&D 방식에서 벗어나 책임PM이 선정된 연구자와 선정되지 않은 연구자 전체를 대상으로 평가 결과에 대한 세부 내용을 설명하는 자리를 마련

③ **(협의)** 책임PM은 센터장과의 협의를 통해 선정된 과제를 대상으로 최종적인 상세 계획 설정과 마일스톤 설정을 수행

❑ 기존 국책연구사업과 한계도전 R&D 프로세스 비교

수행단계	기존 국책사업방식		한계도전 R&D
발굴 및 기획	해당분야 전문가들이 참여한 사전기획회의로 연구주제(특정과제) 논의	→	책임PM이 도전적 문제의 출제자로서 문제 정의 및 연구테마 발굴
	일부 전문가 및 관련 학회 위주의 공청회에서는 연구자 의견 전달 기회가 제한적		의견요청서 및 기술제안토론회를 통해 연구자와 소통하는 기획
선정평가	연구주제 발굴·기획자와 평가자 상이	→	책임PM이 평가에 참여하여 기획의도에 맞는 과제가 선정될 수 있도록 역할 수행
	연구과제 선정의 공정성 확보에 따른 평가 전문성 하락		평가위원 제척기준 완화를 통해 평가 전문성 강화
	평가항목 및 배점에 따른 획일적·정량적 평가		책임PM과 평가위원의 정성적 평가
연구수행	RFP에 명시된 목표와 절차·시간의 준수	→	연구수행의 유연성 보장 (책임PM 판단 하에 연구목표·내용을 조정(pivoting))
	과제 수행 중 교착상태 발생시 연구단 스스로 해결		과제 수행과정에서 책임PM이 상시 컨설팅 진행
성과평가	논문, 특허, 기술료 등 정형화된 성과지표 적용	→	과제별 성과지표 차등 적용
	각 단계 종료시 단계평가 및 최종평가		책임PM이 단계평가 및 최종평가 실시·방법 판단
	정량적 성과지표를 통한 연구 성공/실패에 대한 종료평가		연구수행과정 및 성과에 대한 공개발표회 형식으로 종료평가

3 한계도전전략센터와 책임PM의 사업 관리·평가 방안

❑ 동 사업의 특징과 지향하는 목적에 기반한 사업관리 방안 제시

❍ 한계도전 프로젝트가 지향하는 전략이나 목표를 연구개발 현장에 일관성 있게 전파/지원/모니터링할 수 있도록 Challenge 포인트를 명확화하게 설정이 필요

< 한계도전 R&D 사업관리 Challenge 포인트 >

▻ *경직된 관리주의 관점에서 자율성 보장 방향*
▻ *불필요한 행정적 요소 보다는 책임과 혁신을 담을수 있는 R&D 체계 구축 방향*
▻ *양적 성과창출 보단 변혁적 성과 창출을 위한 유연성과 적시성 가능한 관리 방향*

❍ 동 사업의 특성에 맞는 R&D활동과 목적을 대외적 평가에 대응·관리하기 위해서는 통합성, 타당성, 역사성 제고 차원에서 관리지표 Framework을 구축이 필요

➡ 통합성: 관리지표 전체적인 관점에서 균형감 있게 설정되고, 지표간 연관 관계가 사업관리 System으로 파악될 수 있도록 구축 필요

➡ 타당성: 한계도전프로젝트의 임무 및 목표 달성에 기여도가 높은 핵심관리 지표 중심으로 R&D 부분의 성과를 선행 관리함으로써 센터 내부 지표 뿐만 아니라 동 사업의 성과창출, 내외부 평가·관리 등의 균형감 있는 지표체계로 구축되어야 할 것임

➡ 역사성: 지표별 관리 주체를 명확히 설정하고 지속적인 관리, 추세분석 등 체계적인 Follow-up에 활용하고 이 결과를 책임PM 업적 평가 시 기초자료로 활용하여 책임 있는 사업운영을 강화에 목적

❍ 연구주제와 목표를 고려한 특정평가 개념의 사업 평가제도 도입 필요

- 동 사업에서 제시한 관리지표에 따라, 임무중심형 R&D의 경우 주제에 임무는 명확히 설정이 가능한 반면 확정적 지표 설정과 기존 성과지표를 제시 어려움

- 따라서, 동 사업에서는 관리지표는 센터의 평가지표로 활용하되, 책임PM의 역할 부문 즉, R&D 결과에 따른 지표는 현 특정평가제도를 활용하여 연구주제와 목표에 따라 구분하여 평가가 필요

- 특정평가의 경우 R&D유형 또는 목적에 따라 평가방식을 다양한 관점에서 면밀히 분석하는 특정평가 방식이 동 사업에 적합할 것으로 판단됨

< 한계도전 R&D 사업관리 Challenge 포인트 >

국가연구개발사업 특정평가 체계화 방안 연구 보고서의 시사점 및 결론 中 일부 내용

▻ *R&D 분야에서 효과성 검토가 어렵고, 사실 효과성은 사업수행자가 재정지원의 정당성을 유지하기 위해 필요한 평가기준이다. 또한 성과평가와 예산과의 직접연계는 논리적으로 연결되기 어려우며, 성과평가는 예산배분 과정에서 참고할 수 있는 성과정보를 제공해 주는 게 그 역할이라 할 수 있다. 국가연구개발사업 성과평가에 적용되는 논리모형은 소위 '선형모형'과 상당히 유사한데, 선형모형은 여러 가지 한계점을 가지고 있다. 특히 '새로운' 임무지향 R&D는 시장기제를 통한 문제해결의 한계를 극복하기 위한 R&D임을 고려한다면, 상업화를 지향하는 R&D 선형모형은 그 한계가 더욱 뚜렷해진다*

4 추진 과제 평가 및 관리 방안

❑ 독립된 부설기관인 한계도전전략센터는 명확한 임무 및 목표 달성을 위한 유연한 사업 평가 및 관리를 수행

❍ 연구 주제 내 과제수행을 책임PM의 자율에 맡기며 과제에 대한 연차 평가를 未실시 하는 대신, 과제를 총괄 관리하는 책임PM의 주기적 관리·점검 실행

- 책임PM의 행정적 부담 최소화를 위하여 연구비 집행 사항 관련만 점검
- 주요 점검 항목인 ①계획 대비 과제 추진 실적과 ②연구 활동의 체계성 및 우수성 등의 내용이 관련 점검보고서에 포함되면 인정
- 연구 수행 미비 등과 같은 발생 시 한계도전전략센터 및 한국연구재단 등에 보고를 통한 연구종료 추진(필요시 특정평가)

❑ 책임PM은 사업의 진도 관리, 단계평가, 최종평가 등 수행에 있어 주체적인 역할을 수행하며, 책임PM의 재량하에 평가단 구성 추진

< 과제 관리를 위한 평가 프로세스 >

구분	주요 내용	주체	기간
진도점검	• 책임PM은 연구책임자와 연구개발기관을 대상으로 최소 분기별 1회씩 연구의 진행 상황 및 애로사항 등을 점검하고 컨설팅 위주의 해결 방안 마련 모색 -(진도점검결과보고) 책임PM은 분기별 1회씩 보고서를 작성하여 내부 보고를 수행	책임PM, 연구자	분기별 1회
단계평가	• 연구 기획 단계 종료 시, 진행 과정, 마일스톤 달성여부, 다음 단계 연구 계획 등을 토대로 과제의 진행 현황을 파악하고 과제의 Go/No-Go 여부를 센터장과의 협의를 통해 판단 -(평가단) 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 관련한 전문가와 No-Go를 받은 연구원을 포함할 수 있음 -(평가방법) 책임PM은 연구목적에 따라 맞는 평가 방식을 선정하여 평가 수행	책임PM, 센터장	단계 종료 시
최종평가	• 과제 종료 시, 과학기술적 성과, 연구과정의 지식화(축적), 지식 확산 정도를 책임PM의 주도하에 평가	책임PM	과제 완료 시

❍ (평가단) 과제평가단은 책임PM의 재량하에 분야별 전문가로 구성되며 평가위원의 제척기준을 완화하여 구성함에 따라 전문성을 제고하고, 전임PM 혹은 담당 책임PM이 포함될 수 있음

- 또한 평가단에는 책임PM의 재량으로 진도점검, 단계평가에서 협의를 통해 과제를 중단한 연구자들을 포함할 수 있음

① **(진도점검)** 책임PM은 사업의 전주기적 관리를 수행하는 책임자로써 연구 진행 현황 및 사업 진행의 애로사항 등을 수시로 관리·점검하여야 하며, 센터 내외부

지원조직을 통하여 애로사항에 대한 해결책 마련 수행 필요

- 책임PM의 의사결정 사항은 문서화하여 기록·수집하고 분기별 1회씩 진도점검 결과보고서 작성을 통해 내부 보고를 수행하여야 하나 필요시에만 이해관계자들과 공유

② **(단계평가)** 평가의 내실화 및 실효성 제고, 연구자 평가 부담 완화를 위하여 참여연구자 상호 컨설팅 형식의 동료 평가 및 리뷰를 진행하고, 프로젝트 진행 과정, 마일스톤 달성 여부 등에 대해서만 평가 수행

③ **(최종평가)** 연구 과제 종료 시, 과학기술적 성취 및 연구 과정의 문서화 등을 통해 지식화, 파급력 확산의 정도 등을 평가 수행

- (분야별 발표) 최종평가 이후, 한계도전전략센터와 책임PM은 연구발표회를 통하여 과제별 연구 과정 및 우수 성과를 소개하고 연구 목표 달성에 실패한 과제에 대해서도 실패보고서 발간 및 실패발표회 등을 수행함으로써 동 사업의 책무성 제고와 연구의 지식화 수행

➟ 후속 연계 R&D 및 연구 과정에서 도출된 파생 연구개발 관련 소개 발표 추진

5 한계도전전략센터 투명성 제고 방안

❑ 사업 운영의 유연성과 자율성 보장을 위하여 한국연구재단의 별도 부설기관으로 한계도전전략센터를 운영하여 기관의 독립성과 자율성을 확보

❍ 기관 운영의 안정성과 지속성을 확보하기 위하여 독립된 부설기관(중·장기적 별도 부설기관)으로 운영하며, 기관의 독립성 확보·유지를 위해 외부 전문가로 구성된 평가단 등의 역할을 최소화

❍ 기관 운영의 유연성과 자율성을 보장하되 책무성을 강화하고 기관의 투명성을 제고하기 위한 방안으로 한계도전전략센터와 책임PM 업무의 기록을 권장

❍ 한계도전전략센터의 센터장과 책임PM은 신속하고 원활한 의사결정 체제 구축을 통하여 업무 방향과 연구과제 관리에 대한 지속적인 소통을 수행하고 동 사업의 투명성 제고를 위한 사업관리 역할 수행 필요

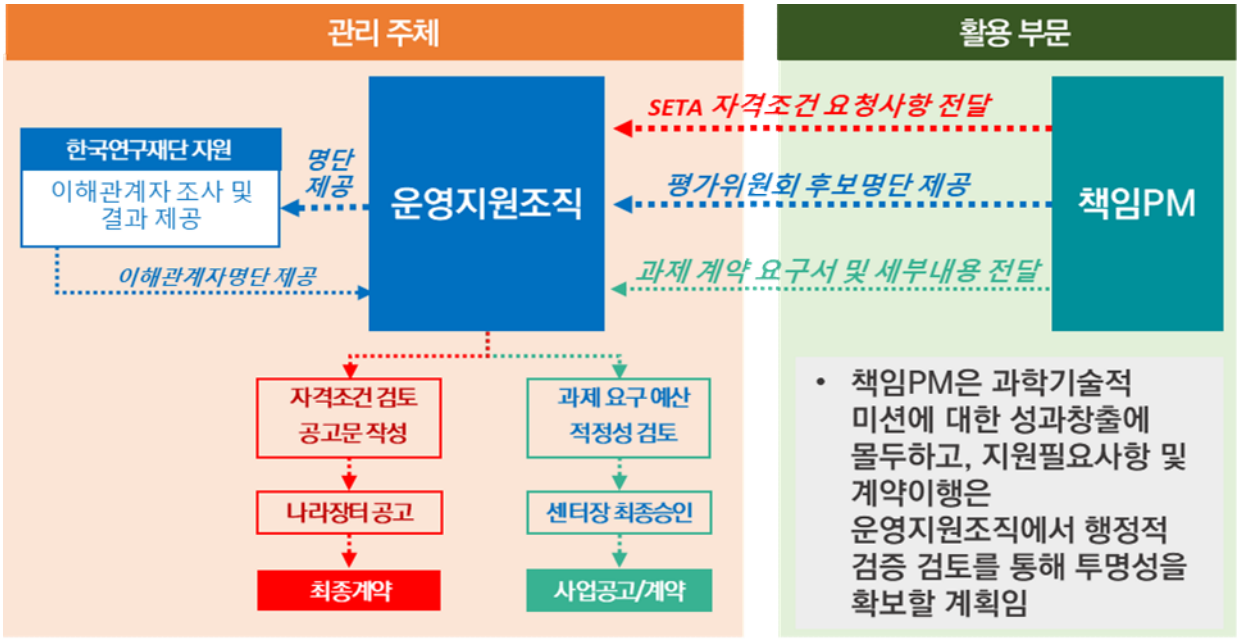
❑ 동 사업의 책임PM 자율성과 권한에 있어 투명한 관리체계를 수립

❍ 운영지원조직과 책임PM이 지원조직 운용에 있어 활용자와 관리주체(검증주체) 분리 함으로써 도덕성, 투명성을 강화

- 운영지원조직: 이해관계자 검증, 과제의 규모 및 기간, 기타 투명한 관리가 필요한 부문을 전문적인 검증을 통해 사업관리제도 확립

- 활용부문: 책임PM 중심으로 기획되고 운영되는 사업을 특성을 고려하여 다양한 행정적 수반 업무를 투명하게 관리함으로 써 연구과제에 대한 성과창출에 몰두

<투명성 제고를 위한 주체 간 분리 방안>



6 사업·성과 관리 및 활용 방안

❑ 성과관리 및 연계사업 관리

❍ (성과관리) 한계도전 R&D 성과 관리 전략은 혁신적 성과 지표의 설정과 관리, 주기적인 모니터링 및 피드백, 리스크 관리와 실패로부터의 학습, 그리고 성과를 공유하고 확산시키는 방안을 포함

- (❶ 혁신적 성과 지표 설정 및 관리) 혁신적인 연구의 결과는 단기적으로는 명확한 성과로 나타나지 않을 수 있기 때문에, 도전적·혁신적 R&D 성과에 대한 재정의가 필요하며 다양한 성과 지표를 고려할 필요가 있음

< 도전적·혁신적 R&D 성과 지표 예시 >

구분	주요 내용
기술적 돌파구 (Breakthrough)	• 특정 기술 분야에서 이전에 해결되지 않았던 문제를 해결한 경우나, 전혀 새로운 기술 원리나 방식을 개발한 경우인지를 평가
경제적/ 상업적 가치	• 개발된 기술이나 솔루션이 시장에서 어떠한 수익 모델이나 비즈니스 기회를 창출할 수 있는지를 평가
사회적 영향 (Impact)	• 해당 연구의 결과가 사회 전반에 어떤 변화나 영향을 줄 수 있는지, 예를 들어 환경, 교육, 의료 등 다양한 분야에서의 변화를 촉진하는지를 평가

구분	주요 내용
지식확산과 전달 (학문적 기여도)	• 연구의 결과가 어떻게 학계나 산업계에 전달되었는지, 학술 논문, 특허, 세미나, 워크숍 등 다양한 방식을 통해 지식이 확산되었는지를 평가(또한 해당 연구가 후속 연구나 다른 연구자들에게 영감을 준 경우, 이를 중요한 성과로 간주)
글로벌 학문 커뮤니티나 산업계에서의 인정	• 연구가 국내외 학계나 산업계에서 어떻게 인정받고 있는지를 검토(예시: 고든 컨퍼런스급 학회 초청 키노트 스피커 발제, 수상 등) • 연구참여 H-inex 및 네트워크 분석을 통한 사업초기 분석결과와 연구종료단계 및 추적조사분석을 통해 평가 필요

- (❷ 모니터링과 피드백) 책임PM 및 한계도전전략센터 내외부 전문 지원조직이 사업의 진행 상황을 주기적으로 검토하여 목표 수준의 도전성을 평가하도록 하고, 이를 기반으로 필요한 조치에 대한 피드백과 실효적 컨설팅을 제공하며 프로젝트의 방향을 조절하거나 필요한 경우 중단하는 결정을 할 수 있도록 함

- (❸ 리스크 관리) 연구개발 과정 및 결과에 영향을 줄 수 있는 리스크를 파악하고, 사전에 이를 관리하고 대응하는 전략을 마련하되, 실패를 연구의 일부로 인정하고 실패로부터 얻는 교훈이나 통찰을 통해 다른 프로젝트에 활용하고자 하는 문화 조성

- (❹ 성과 공유 및 확산) 과제의 단계평가 및 최종평가가 발표형식으로 개최될 시, 성과공유회와 유사하게 개최하여 관련한 토론과 피드백을 촉진시키며 해당 분야의 연구자나 전문가들과 지식 및 경험을 공유하도록 지원

❑ 한계도전 R&D 기술 축적

❍ (연구 과정의 산출물 자산화) 융합을 위한 접근이나 참여연구진 구성에 있어 확장, 융합 등 실체적 변화를 유도한 효과가 있었는지 분석과 기록을 수행하고 융합연구 과정에서의 실패 사례를 연구 과정의 산출물로서 자산화

❍ (타사업 연계) 연구 프로그램 종료 이후 성과 확산 지원을 위하여 관련 타 기관 및 부처 등과의 업무 연계를 통한 추가 기술이전 및 창업 등의 지원 추진

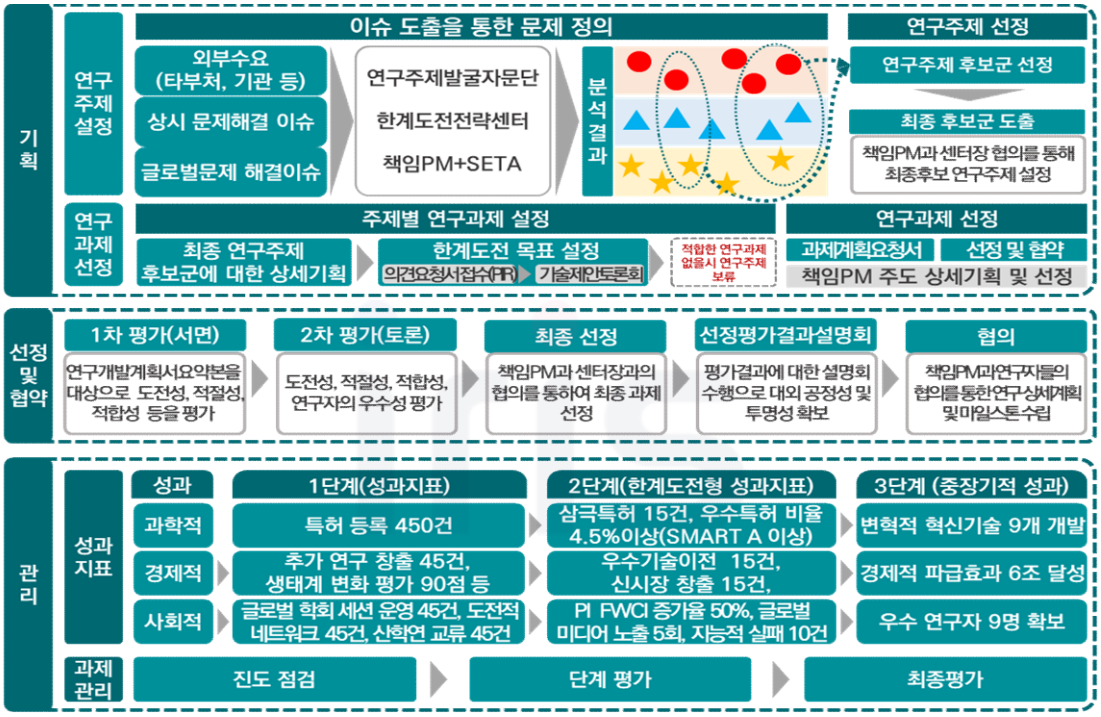
7 성과 관리지표 설정 방안

❑ 성과 관리를 위한 지표 도출(안)

❍ 책임PM과 한계도전전략센터의 성과지표는 글로벌 수준의 변혁적 기술확보 달성이라는 동 사업 목표 달성을 위해 상호보완적인 지표 수립이 필요

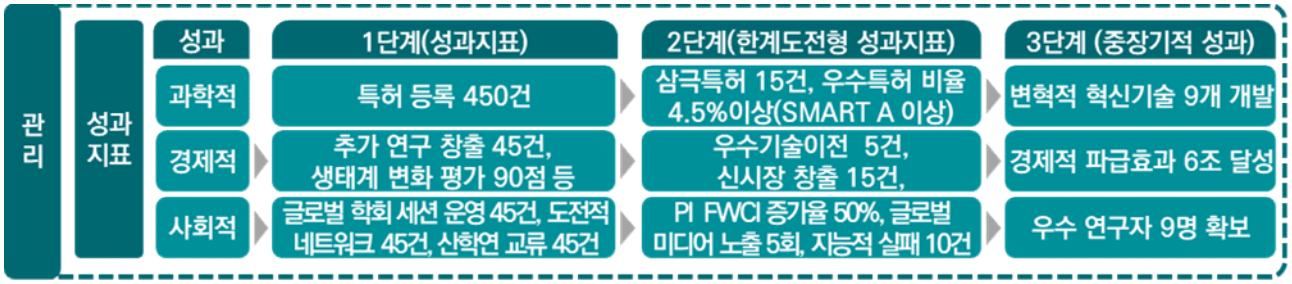
- 책임PM은 한계를 뛰어넘는 변혁적 기술개발을 목표로 First-Mover로의 과학기술 전환을 위한 성과관리지표 도출
- 센터는 R&D 체계 혁신을 목표로 하는 도전적 연구문화 정착을 위한 성과관리 지표 도출

❍ 최초 과제 기획 시부터 연구의 목적 및 방향에 따라 과학기술적 성과지표를 설정하여야 하며, 지표의 목표치는 도전적으로 설정하여야함



❍ 실패를 용인하고 행정적 간섭을 최소화한 자율적 연구 수행을 지향함에 따라, 연구과제별로 결과가 아닌 연구 과정에 대한 성과지표 도출 및 활용

- (연구수행단계) 연구개발 결과에 대한 지표가 아닌 연구 수행 단계에서 성과를 관리·평가를 수행할 수 있는 지표를 도출하여 사업 관리 추진
- (과제 종료 후 성과 활용 단계) 창출 성과의 활용을 위한 성과지표 도출
- (경제사회적 파급효과) 혁신 기술개발의 파급효과를 분석하기 위한 관리 지표 도출



8 도전·혁신을 위한 지원체계 구축 방안

❑ (Tech to impact) 스케일업·실증 지원 및 성과활용 연계를 지원하기 위한 조직

❍ 한계도전전략센터 내 연구성과 확산을 위한 지원조직(T2I)을 구성하고 센터장과 담당 책임PM의 협의를 통하여 Scale-up R&D 및 실증 지원을 유도
☞ 기초·원천 연구성과의 단절없는 실용화 지원을 통한 가치창출 극대화

❍ T2I(Tech to Impact)지원조직은 연구개발의 성과를 경제적 가치로 전환하기 위해 필요한 기술 평가, 스케일업, 시장 분석, 파트너십 구축, 교육 및 트레이닝 등을 지원하는 역할을 수행함

- 산업적 파급효과가 클 것으로 예상되는 기술에 대한 사업화 지원 수행 및 연구 종료 이후에도 성과의 지속적인 확산을 위하여 사업 진행에 따라 예상되는 성과 파급 가능성 및 사업화 가능성에 대하여 책임PM과의 긴밀한 협조체계 구축
- 연구 기획단계에서 기술 및 시장 동향 분석을 지원하고, 시장 잠재력 등 사업화를 위한 계획을 수립함에 있어 연구자 부족한 사업화 역량 부분을 지원
- 기술 개발 이후, 기업과 함께 사업화를 지원하는 프로그램을 신설하여 변혁적 기술성과의 조기 사업화 지원 추진
- 기술개발 성과를 스케일업 및 실증 등을 지원하되, 책임PM의 평가를 통해 지원여부 결정 필요하며, 지원조직은 성공적인 지원을 위하여 성과물의 시장진입을 위한 가치측정, 사업화, 수요자 네트워킹 등 컨설팅 지원 추진

< Tech to Impact 지원 주요 내용 >

구분	주요 내용
역할	• 연구성과 활용을 위한 정보 제공 및 사업화 방향성 제공 - 성과물의 가치측정, 상용화 가능성 판단, 수요자 네트워킹 등을 통한 신시장 창출 지원 • 책임PM와 함께 연구과제 선정 시부터 관여하여 예상되는 성과의 파급가능성 및 사업화 가능성을 검토
방식	• 종료된 사업의 후속연구 및 타사업 연계 진행 수행 • 기술사업화를 위한 기술이전 및 중개 등의 지원 수행

➟ (❶ 기술 평가 및 선정) 연구 단계에서 나온 기술들 중에서 실제 시장에서의 상업적 가치가 높은 기술을 평가하고 선정, 연구 결과와 혁신을 시장 가능성과 연계하여 분석

➟ (❷ 스케일업 및 실증 지원) 연구실 규모의 기술을 산업 규모로 확장하기 위한 지원, 프로토타입 제작, 대규모 테스트, 실증 프로젝트(기술 확장과 실제 환경에서의 기술 효용성과 가용성 검증) 설계 및 지원

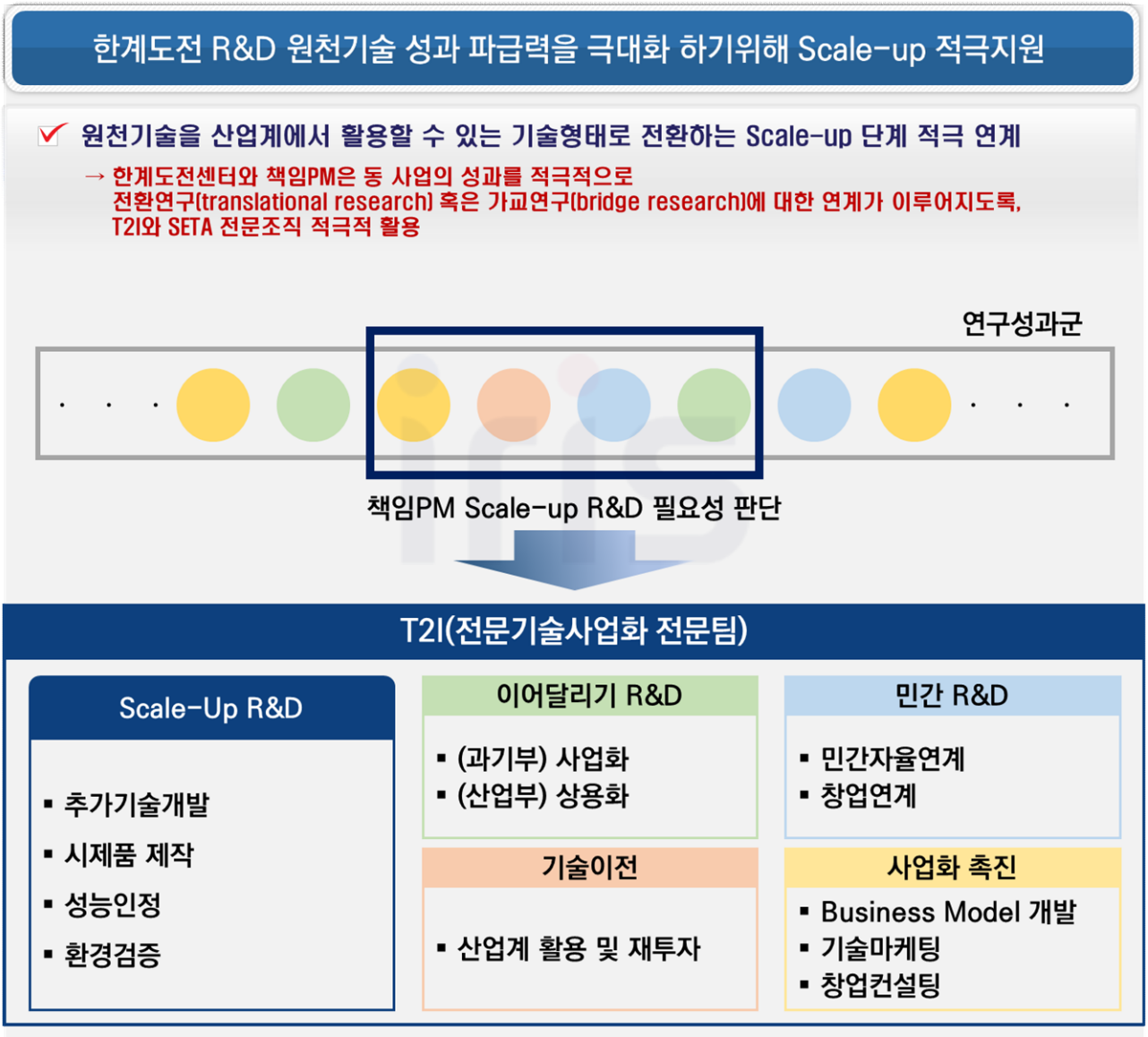
➟ (❸ 기술이전 및 라이선싱) 기술의 상업적 활용을 위해 외부 기관이나 기업과의 기술 이전 또는 라이선싱 협약을 체결 및 상업화 파트너와의 협력을 위한 각종 계약 관리 등을 지원

➟ (❹ 시장 분석 및 전략 개발) 시장변화와 기술 트렌드를 파악하여 타겟 시장 및 경쟁 현황을 분석하고, 적절한 사업 모델을 제안

➟ (❺ 네트워킹 및 파트너십 구축 지원) 산업체, 연구 기관, 대학 등과의 협력 네트워크 구축을 촉발하고 외부 투자자나 기관으로부터 투자를 유치하거나 협력적 파트너십을 구축하기 위한 관계 관리 지원

➟ (❻ 교육 및 트레이닝) 기술사업화와 관련된 교육 및 트레이닝 프로그램을 개발 및 운영하여 연구자나 스타트업의 역량을 강화하고 기술의 스케일업 및 실증 단계에서의 진행 상황을 지속적으로 모니터링하고, 필요한 조정 및 지원을 제공(중요한 의사결정에 필요한 정보 및 분석 포함)

❑ 운영지원조직: 책임PM 활동 전반의 행정적, 재무적, 지원을 수행하는 조직



❍ 한계도전전략센터 내 사업의 원활한 수행을 위하여 사업 수행 전주기에서의 리스크 관리를 수행하고, 책임PM의 행정적 부담을 완화하기 위한 문서화 및 연구팀 및 SETA와의 계약 등의 재무적 지원, 사업 기획과 관련한 지원 등의 역할을 수행하는 조직

< 운영지원조직 지원 주요 내용 >

구분	주요 내용
역할	• 연구의 축적을 위한 데이터 관리 및 필요 정보 제공 • 책임PM과 함께 사업 전주기의 리스크 관리 수행 및 사업의 지속성을 위한 교육 등을 수행
방식	• 행정적 부담 완화를 위한 문서관리를 포함한 행정적 지원과 계약 협상 및 체결 등의 재무적 지원 수행 • 책임PM의 재량으로 구성되는 평가단 및 자문단 관리 및 검증 등의 수행과 SETA와의 협력을 통한 책임PM 사업 관리, 교육 관리 등의 지원 수행

- (❶ 문서화 및 서류 지원) 책임PM 주도의 과제 기획 과정에서 필요한 서류 관리 및 정보 파악을 지원하며, 진도점검·단계평가·최종평가 시에 도출된 과제의 현황 및 데이터에 대한 문서화 및 기록화를 지원

- (❷ 회계 및 계약 지원) 연구단과 SETA와의 협의 및 계약 체결 등의 전반적인 재무 업무를 지원

- (❸ 책임PM 및 한계도전 사업 운영 관리) 한계도전전략센터 내부관계자 및 책임PM의 해외 출장 등의 일정 관리 및 컨퍼런스 개최를 위한 산학연관 네트워크 구축 지원 등의 관리 업무 수행

- (❹ 이해관계자 관리 및 검증 지원) 책임PM의 재량, 한계도전전략센터의 추천 등으로 구성되는 연구주제발굴자문단 및 평가단 관리 및 운영 지원 수행

- (❺ 아카데미 운영 지원) 한계도전 아카데미(가칭) 운영을 통한 인재양성을 위하여 교육 프로그램 기획·관리 지원 수행

- (❻ 센터 운영 및 홍보 지원) 센터 시설 관리 및 온·오프라인 채널을 이용한 사업 홍보와 현황 관리를 지원하며 운영 및 홍보와 관련한 피드백 등을 지원 수행

❑ (SETA) 책임PM을 지원하는 외부조직으로 성공적인 연구 목표 달성을 위하여 기술지원과 지침 등을 제공·지원하는 조직

❍ DARPA의 혁신적인 성공 구성요소 중 하나로 아웃소싱을 통한 인력 지원(Outsourced support personnel)방식인 SETA가 존재

- DARPA는 SETA를 통하여 직원 유지에 대한 부담 없이 다양한 기술 분야에 도전하였으며, 책임PM의 사업 수행에 있어 필요한 기술적 조언과 안내 사항 등을 제공

❍ 한계도전 R&D 프로젝트에서도 도전적인 연구개발을 위하여 별도의 외부지원인 SETA를 구성하여 책임PM을 지원할 예정이며, 책임PM과 한계도전전략센터는 협의를 통하여 외부지원 조직인 SETA의 주요 업무 범위를 설정 하여야 함

- SETA는 단순 행정, 평가지원부터 연구관리에 필요한 기술 동향 조사, 기술 검토 등 다양한 범위에서 책임PM을 지원하며 연구분야에 따라 유연하게 활용 필요

  ➟ SETA는 외부 지원조직으로 책임PM, 한계도전전략센터와의 협의를 통해 선정되며 지원 내용에 따라 진행보고서 및 결과보고서 등을 제출하여 평가받아야 함

< SETA의 주요 업무 >

구분	내용
기술 지원	• 기술제안 검토, 기술평가 수행 및 기술 솔루션에 대한 권장 사항 제공 • 최신 기술 동향 및 발전 상황 모니터링으로 관련 지침 제공 • 책임PM에게 기술보고서, 백서 및 브리핑 개발을 포함한 문서 지원 등
관리 지원	• 예산, 일정 및 리소스 관리를 포함한 프로그램 관리 지원 제공 • 연구과정에서의 잠재적인 리스크 분석 및 관리를 통한 권장 사항 제공
시스템 엔지니어링 지원	• 책임PM에게 시스템 요구사항 및 개발 검토, 설계검토 수행, 시스템 통합 및 테스트에 대한 지침 제공 등
문서화 지원	• 연구 수행 및 관리에 있어 데이터를 문서화하여 후속 연구나 개발 시에 참고할 수 있도록 지원

❑ (국제협력) 해외 우수 연구그룹과의 전략적 국제협력을 통해 글로벌 연구 협력 네트워크를 강화하고 한계도전 R&D 연구역량을 세계적 수준으로 제고

❍ 한계도전 R&D 프로젝트의 차별화된 국제협력 전략은 ①차별화된 국제협력 대상 발굴, ②핵심 연구자 네트워크 구축, ③국제공동연구 지원, ④기술이전 및 상용화 지원 등의 4가지 핵심 전략으로 요약됨

- 한계도전전략센터는 불확실성이 높은 도전적 연구개발을 위해 글로벌 협력 강화를 추구하며, 연구단이 글로벌 연구 협력의 기회를 최대화할 수 있도록 지원

- 불확실성이 높은 도전적인 연구개발의 경우에는 선진국으로부터의 기술 도입, 공동연구 등 개방형 연구개발이 무엇보다 중요

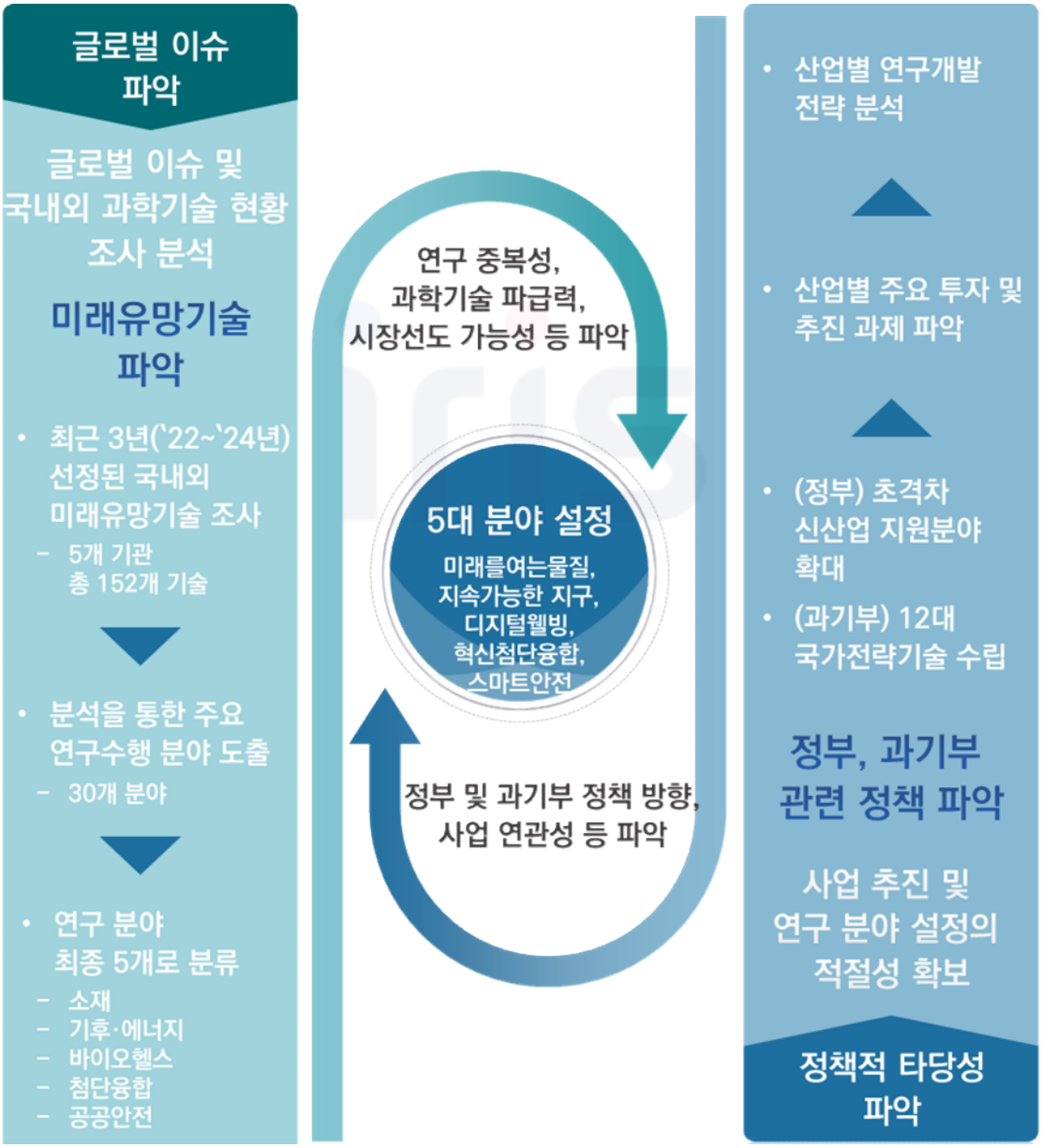
- 연구자 개인 차원에서 효과적인 연구 협력 전략 수립을 위한 다각적 접근을 시도하는 것에 한계가 있을 수 있으므로, 한계도전전략센터는 연구단의 글로벌 경쟁력 강화 전략 수립, 해외 선도 그룹과의 공동 연구프로그램 연계, 국제 유명 학술지 게재 등을 체계적으로 지원하고자 함

Ⅵ. 세부 연구 주제 도출

❑ (연구분야) 주요 학술지의 미래유망기술과 학문 중점지원분야를 도출·그룹화하여 5대 기술분야 설정

❍ (분야 선정 프로세스) 동 사업은 국내외 주요 기관 선정 미래유망기술, 대내외 과학기술 현황, 글로벌 이슈 등을 조사·분석으로 글로벌 기술 패권 경쟁 우위를 위해 선점이 필요한 연구분야를 선정

- 5대 분야 과기부의 관련 주요 정책적 지원 현황을 검토하여 5대 분야에 대한 지원 부합성 검토



참고 국내외 선정 미래유망기술 파악

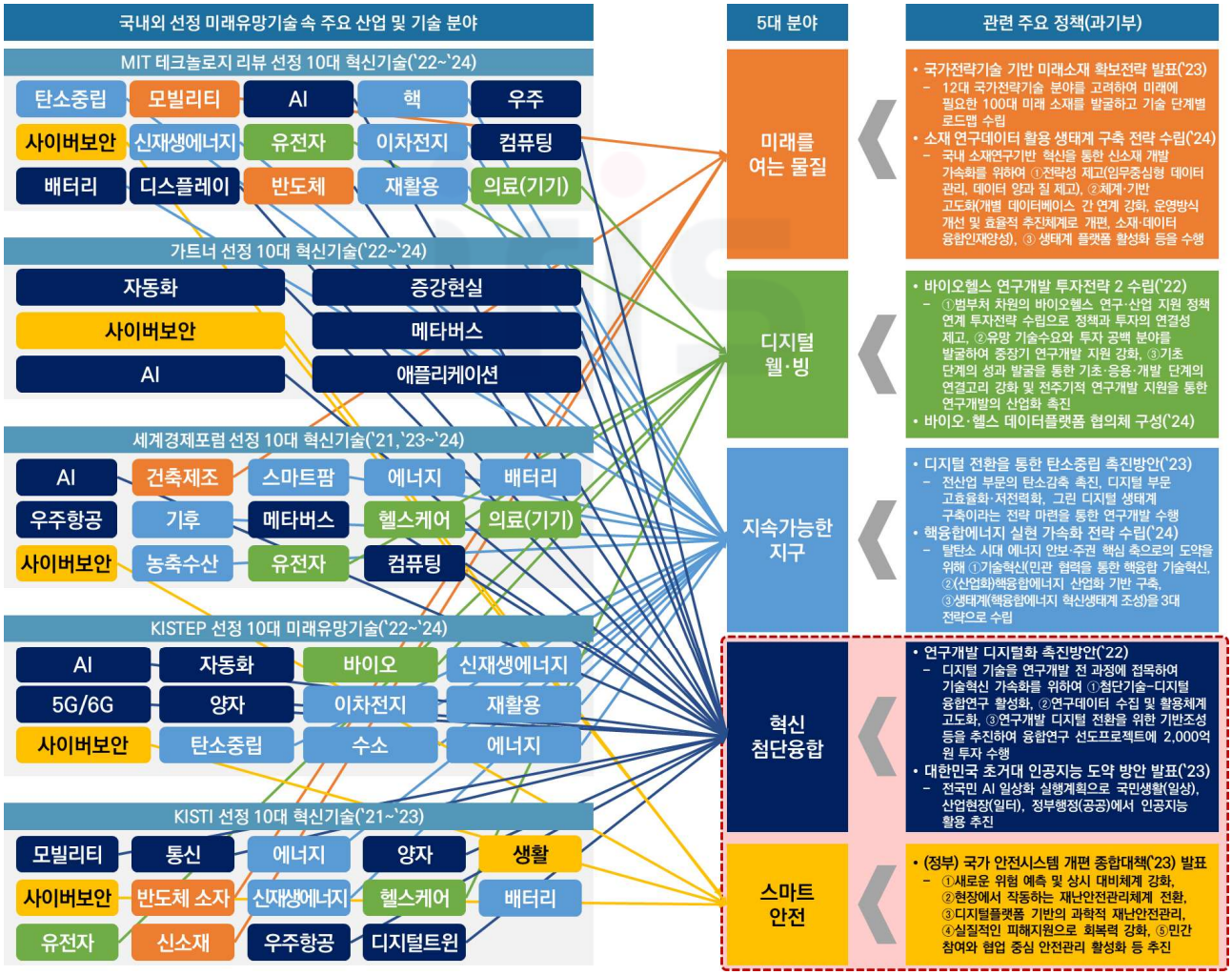
❍ (국내외 선정 미래유망기술) 국내외 선정된 유망 혁신기술을 분류

대분류	중분류	소분류
미래를 여는 물질	모빌리티 (2)	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차(MIT) • 군사용 드론의 대중화(MIT)
	건축 (2)	• 건설을 위한 몰입형 기술(WEF) • 현지 재료 제작된 3D 주택(WEF)
	반도체 (1)	• 뉴로모픽 소자 기술(KISTI)
	신소재 (1)	• 그래핀의 새로운 활용 기술(KISTI) • 새로운 탄소물질(KISTI)
지속 가능한 지구	탄소중립 (4)	• 실용적인 핵융합로(MIT) • 탄소 제거 공장(MIT) • 이산화탄소 포집 및 전환(KISTEP) • 탄소저감형 고로-전로(KISTEP)
	신재생에너지 (7)	• 히트펌프(MIT) • 심부지열발전 시스템(MIT) • 초고효율 태양전지(MIT) • 고효율 태양전지(KISTEP) • 초대형 해상풍력(KISTEP) • 전력망 계통 연계(KISTEP) • 하이브리드 시스템 기술
	에너지 (4)	• 그린 암모니아 기술(WEF) • 지속가능 항공연료(WEF) • 무선신호 생산 에너지(WEF) • 암모니아 발전(KISTEP)
	배터리 (4)	• 배터리 재활용(MIT) • 오래 지속되는 전력망용 배터리(MIT) • 플렉시블(연성) 배터리(WEF) • 배터리 업사이클링
	이차전지 (2)	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차(MIT) • 고용량 · 장수명 이차전지(KISTEP)
	핵융합 (1)	• 실용적인 핵융합로(MIT)
	재활용 (1)	• 유용자원(희토류) 회수(KISTEP)
	기후 (2)	• 새로운 냉각기술 탄성열량(WEF) • 탈산소 기술(WEF)
	스마트팜 (2)	• 웨어러블 식물 센터(WEF) • 비료 자가공급 작물(WEF)
	농축수산 (2)	• 탄소 포집 미생물(WEF) • 대체 가축 사료(WEF)
	수소 (1)	• 청정수소 생산(KISTEP)
디지털 웰 · 빙	유전자	• 최초의 유전자 편집 치료제(MIT) • 체중 감량 약물(MIT) • 주문형 장기이식(MIT) • 고대 유전자의 분석(MIT) • 단백질 접힘 예측용 AI(MIT) • 이식을 위한 유전자연구(WEF) • 공간 오믹스(WEF) • 플렉시블(연성) 신경 전자기술(WEF) • 맞춤형 바이러스(WEF) • 논코딩 RNA(KISTI) • DNA에서 RNA로 확대(KISTI)
	의료(기기)	• 코로나 변이 추적(MIT) • 원격진료를 통한 임신중절(MIT) • 말라리아 백신(MIT) • 경구용 코로나19 치료제(MIT) • 콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR 기술(MIT) • 주문형 의약품 제조 (WEF)

대분류	중분류	소분류
	헬스케어	• 질병진단 호흡센서(WEF) • 무선 바이오마커 장치(WEF) • 건강 장수 공학(WEF) • 헬스케어 디지털 혁신(KISTI) • 온오프 정신건강(KISTI)
	바이오	• 바이오 기반 원료 · 제품 생산(KISTEP)
혁신 첨단융합	AI (26)	• 모든 것을 위한 AI(MIT) • 단백질 접힘 예측용 AI(MIT). • 이미지를 생성하는 AI(MIT) • AI 증강 개발(Gartner) • 적응형 AI(Gartner) • 의사결정 인텔리전스(Gartner) • AI 엔지니어링(Gartner) • 창조적 AI(Gartner) • AI 신뢰도·리스크 보안 관리(Gartner) • 사이버보안 메시(Gartner) • 생선 AI 민주화(Gartner) • 디지털 면역 시스템(Gartner) • 관찰 가능성 응용(Gartner) • 개인정보 보호 강화 컴퓨팅(Gartner) • 과학적 발견을 위한 AI(WEF) • 생성형 인공지능(WEF) • AI 헬스케어 서비스(WEF) • 텍스트 생성형 AI(KISTEP) • 이미지 및 영상 생성형 AI(KISTEP) • AI 오픈 마켓플레이스(KISTEP) • 신경망처리 기반 AI 전용 칩(KISTEP) • 개인 맞춤 서비스 AI(KISTEP) • 음성 생성형 AI(KISTEP) • 머신러닝 플랫폼(KISTEP) • 코딩 보조용 생성형 언어 모델(KISTEP) • AI 신뢰성 및 안전성(KISTEP)
	우주항공 (4)	• 제임스웹 우주망원경(MIT) • 고고도 플랫폼 통신시스템(WEF) • 우주 사물인터넷(IoT)(WEF) • 무인항공 네트워크
	컴퓨팅 (4)	• 엑사급 컴퓨터(MIT) • 재구성 가능한 지능형 표면(WEF) • 통합 감지 및 기술(WEF) • 지속 가능 컴퓨팅(WEF)
	반도체 · 디스플레이 (3)	• 애플 비전 프로(MIT) • 칩렛(MIT) • 개방형 표준의 반도체 칩 설계(MIT)
	자동화 (7)	• 지속가능한 기술(Gartner) • 머신 고객(Gartner) • 초자동화(Gartner) • 총체적 경험(Gartner) • 자율자동화 시스템(Gartner) • 무선의 가치 실현(Gartner) • 제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화(KISTEP)
	5G/6G (1)	• 5G/6G 네트워크 보안(KISTEP)
	양자 (3)	• 양자 암호기술(KISTEP) • 양자시스템 제어-설계 기술(KISTI) • 양자 기반 컴퓨팅/네트워킹(KISTI)
	증강현실 (1)	• 증강 연결 인력(Gartner)
	메타버스 (1)	• 메타버스(Gartner)
	애플리케이션 (6)	• 지능형 애플리케이션(Gartner) • 플랫폼 엔지니어링(Gartner) • 슈퍼앱(Gartner) • 데이터 패브릭(Gartner) • 클라우드 네이티브 플랫폼(Gartner) • 조합형 애플리케이션(Gartner)
	모빌리티 (4)	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차(MIT) • 군사용 드론의 대중화(MIT) • 스마트 모빌리티(KISTI) • 사용자 맞춤 자율주행(KISTI)
	디지털트윈 (3)	• 디지털 트윈 도시(KISTI) • 애자일/래자일매뉴팩처링(KISTI) • 디지털 혁신(KISTI)
	통신 (3)	• 스마트-공간을 위한 차세대 통신(KISTI) • AI 결합 무선 통신(KISTI) • 플랫폼기반 커뮤니티(KISTI)

대분류	중분류	소분류	
스마트 안전	사이버보안 (14)	• 트위터 킬러(MIT) • 비밀번호의 종말(MIT) • 지분증명(MIT) • 인공지능을 위한 합성 데이터(MIT) • 프라이버시 강화기술(KISTEP) • 인프라 통합 보안 기술(KISTEP) • 사이버보안문제 및 자동대응(KISTEP)	• 가상환경에서의 사용자 보호(KISTEP) • 동형암호 등 기능형 암호 및 응용(KISTEP) • 라우드·엣지 보안 기술(KISTEP) • 사이버범죄 예방 및 추적(KISTEP) • 암호화폐 신뢰성 보장 기술(KISTEP) • IoT를 위한 보안(KISTI) • 인공지능 보안(KISTI)
	생활 (3)	• 비즈니스 프로세스(KISTI) • 물리학과 AI(KISTI) • 분산형 기업(Gartner)	

❍ 혁신 기술 선점 및 확보를 위해선 전략적인 기술 분야 선정 및 해결해야 할 임무를 설정하여 파급력 높은 과학기술을 위한 연구개발 및 지원 수행이 필요함에 따라 동 사업에서 연구가 필요한 분야 5개를 연구 분야로 선정하여 세부 추진 주제 및 과제 선정이 필요



❑ (연구주제) 기존의 패러다임을 변화시킬 변혁적 기술 후보군 및 연구 필요 분야를 도출하고 각 분야별 연구 주제를 발굴

❍ (분야선정) 국내외 주요 기관 선정한 미래유망기술, 국내외 과학기술 현황, 글로벌 이슈 등을 조사 분석하여 연구 분야에 대한 지원 부합성을 검토하여 추진

- ①건강하게 공영하는 인류, ②안전하고 쾌적한 환경 구현, ③지속가능한 에너지 미래소재, ④미개척·미인지 영역의 도전이라는 아젠다 하에 예시 연구주제 선정

연구 분야	연구주제	現 한계	도전목표
미래를 여는 물질	데이터 폭증 시대를 대비하는 광변조 혁신 기술	• (한계) 광변조 소자 크기 축소에 따른 칩의 발연 문제와 데이터 입출력 병목 현상으로 변조성능에 한계 존재	• (도전목표) 기존의 선도기술 (100~200Gbps 수준)을 뛰어넘는 비선형 광변조 특성을 지닌 Tbps급 고성능 광변조 소자 개발을 통한 글로벌 기술선도
	우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할 수 있는 센서 소재	• (한계) 우주환경에서의 실리콘 기반 반도체 소재는 센서 성능 저하, 수명 단축, 이미지 노이즈 증가 등의 오작동과 신뢰성 부족이 존재	• (도전목표) 기존 카메라의 한계선량인 5kGy를 우회기술 없이 소재단독으로 2배 이상 증가시킬수 있는 신소재 개발
	궁극의 에너지 저장 및 활용성을 지닌 유전체 축전 소자	• (한계) 기존 리튬이온 배터리의 발화, 급속 충방전, 출력 등의 한계를 극복하기 위한 에너지 저장 소자 개발을 추진하고 있으나, 기술적 한계 존재	• 도전목표) 기존의 장점을 유지하고 에너지 밀도 향상과 대용량화할 수 있는 신소재 개발
	냉매가 필요없는 고효율 고체상태 냉각기술	• (한계) 온실가스(HFC)를 냉매로 이용한 압축식 냉각기술은 국제기후협약에 따라 환경적 이슈 존재하나 친환경 고체 냉각기술은 효율성 부족	• (도전목표) 실용적 냉각 출력 달성을 위한 신소재인 고체금속 및 냉각 시스템 개발
지속 가능한 지구	에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술	• (한계) 화석연료 사용에 따른 이산화탄소, 질소산화물 배출은 탄소중립을 위해 해결해야 할 문제로 이를 위해 고정화 기술개발이 추진 중이나, 보다 효율적인 두 원자간의 결합 에너지를 활용할 수 있는 기술개발 필요	• (도전목표) 탄소중립과 식량난을 동시에 해결할 수 있는 이산화탄소와 질소산화물의 결합 에너지 활용을 위한 새로운 엔진과 기술개발
	탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술	• (한계) 기존 에너지 패러다임 변화를 위한 바이오매스 자원은 지역에 따른 생산성 한계와 경작 과정에서의 환경 오염 문제 존재	• (도전목표) 편중된 생산성과 오염 문제를 해결하기 위해 바다에서 화학원료로 사용가능한 탄수화물을 생산할 수 있는 기술개발
	고온 열 저장·이송 시스템 설계를 위한 한계 기술	• (한계) 현재 산업계에서의 탈탄소화는 고온 열에너지 활용 문제로 어려운 실정	• (도전목표) 저온 폐열원을 활용하여 200℃이상의 열에너지를 발생·저장·활용 할 수 있는 고온 열 에너지 저장·이송 시스템 개발로 종전 에너지 변환 효율 한계 극복
	전자 기기 사용 주기 종점에서의 미량 다중 금속 리사이클링 기술	• (한계) 산업에서 활용되는 희토류 등의 금속 자원은 수입에 의존하고 있어 글로벌 공급망 전환 등에 큰 영향을 받으며, 기존 회수 기술은 환경 오염 유발 가능성이 큰 문제가 존재	• (도전목표) 소량 복잡한 금속계의 재활용 및 오염 유발 극복을 위한 리사이클 기술 개발

연구 분야	연구주제	現 한계	도전목표
디지털 웰·빙	디지털 뇌신경 브릿지	• (한계) 장애 발생 확률이 높고 완치율이 낮은 뇌졸중은 뇌세포 복원 위주의 개발이 추진 중에 있으나 10년 이상의 기한 소요 예상	• (도전목표) 이미 손상된 뇌세포 복구·복원이 아닌 BCI 기술을 통해 뇌 신호를 우회·전달하여 뇌의 가소성을 이용하여 빠른 시일 내로 복구 가능한 뇌세포를 치료·회복하는 기술개발
	Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술	• (한계) 현재의 관상동맥 중재술(풍선 확장술, 약물 방출 스텐트) 등은 효과와 부작용, 치료제 복용 등의 문제가 존재	• (도전목표) 스텐드를 사용하지 않고 기존의 스텐드 기술과 동일한 효과를 내는 layer 기술개발
	생체리듬 제어를 통한 정밀 질환 치료법	• (한계) 생체리듬이 유전자와 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌으나 기초연구와 항암제 투여 시기 조절에만 활용되고 있는 실정	• (도전목표) 생체리듬 제어를 주요 질환 치료법의 일부로 활용하여 질환 치료의 새로운 패러다임 제시
	데이터 파동 변화 예측를 통한 팬데믹 조기감지시스템	• (한계) 대다수의 국가들이 코로나와 같은 아웃브레이크 전략을 사후관리에서 조기감지 및 대응체계 준비로 전환	• (도전목표) 기존의 POC 센서 기반이 아닌 개인적, 사회적 파동의 변화 감지에 초점을 맞춘 기술개발
혁신 첨단 융합	Transformer를 뛰어넘는 foundation model 구조 개발	• (한계) 최근 Mamba[1] 등 State Space Model이 제시되어 각광 받고 있는바, Transformer를 대체할 수 있는 다른 모델 구조를 고안 필요 - Hidden state 이동을 위한 변환 구조 단순화 및 효율화 필요	• (도전목표) Transformer 구조의 한계를 극복한 새로운 foundation model 제시 - Transformer 구조의 데이터/연산 비효율성 극복 - 다양한 형식 및 구조의 입력 데이터를 사용 가능한 구조 제시 - LLM을 포함한 다양한 응용 분야에서의 활용 가능성 제시
	Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발	• (한계) Adam은 확률론적 1차 미분치 정보와 학습 궤적 정보를 활용한 알고리즘으로, 고정된 하이퍼파라미터 사용에 따른 상황 대처 능력의 한계를 지님	• (도전목표) 다양한 AI 모델 학습에 대해 이론적으로 증명 가능하며 실험적으로도 가장 빠른 학습 속도를 제공할 수 있는 AI 학습 최적화 알고리즘 개발
	Neural ODE 기반 domain specific foundation mode	• (한계) Neural ODE은 반도체 공정 및 전 세계적 추세인 신재생 발전, 대기질 관리 등 다양한 분야에 활용될 수 있어 파급효과가 높음에도 불구하고 높은 계산 비용 및 학습의 어려움, 안정성 이슈, 실시간 성능 문제 등으로 인하여 활용 미흡	• (도전목표) ODE solver, 표현 능력 및 해석 가능성을 보완하기 위한 연구개발이 진행 중에 있으며, 원천기술 확보 여지 존재
	양자컴퓨터를 이용한 자연언어처리(NLP) 및 LLM 구현 방향 연구	• (한계) AI 칩 스타트업 그록은 기존 GPU 보다 훨씬 빠르고 에너지 효율적인 '언어 처리 장치(Language Processing Units, LPU)' 추론 엔진 개발에 집중	• (도전목표) 습과 추론이 동시에 효율적으로 가능한 LPU 개발

연구 분야	연구주제	現 한계	도전목표
스마트 안전	미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발	• (한계) 새로운 화학작용제의 지속 출현으로 예측 독성 예측이 어려운 상황이며, 지속 시스템은 완전 자율형 독성판별 기술이 부재	• (도전목표) 미지의 화확작용제를 신속·정확하게 탐지·식별하기 위한 인공지능 기반 자율형 독성판별분석 시스템 개발
	물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동 반응 소재 시스템개발	• (한계) 기존 지상 및 해양 재난 현장에서의 대형 기계장치 활용은 무게, 부피, 휴대성, 수중 구동 등의 이유로 문제점이 존재하여 저전압·자율 수중 구동장치 개발이 추진 중이나 실용적 가치는 제한적	• (도전목표) 물에 반응하여 저전력 기반 강한 힘을 발휘할 수 있는 소재와 액추에이터, 시스템 개발
	데이터센터 보안을 위한 고도화된 사이버 공격 대응 시스템 구축	• (한계) 클라우드 보안 강화와 사이버 공격 방지 시스템 개발이 활발히 진행되고 있으며 국내에서도 데이터센터 보안에 대한 연구가 진행 중이나 상용화된 보안 솔루션 도입과 통합 시스템 구축은 미흡한 상태	• (도전목표) 데이터센터의 물리적 보안과 사이버 보안의 통합 관리가 가능한 고도화된 보안 시스템 구축
	재난 현장에서 인명을 탐색하는 마이크로봇	• (한계) 대형 재난 현장에서의 인명 구조 체계 필요성 증대 - 사람이 직접 접근이 어려운 재난 현장에 1차 조치용 마이크로 로봇 필요	• (도전목표) 나노소재 기술을 기반 광대역 원격 조절이 가능한 재난 현장 투입용 마이크로봇 개발

1) https://arxiv.org/abs/2312.00752

Ⅶ. 타당성분석 및 기대효과

1 과학기술적 타당성분석

❑ 문제/이슈 도출의 적절성

❍ (문제·이슈 식별 과정 및 결과) R&D의 질적 수준 정체의 극복, 혁신을 통한 R&D의 생산성 향상을 위해선 혁신적이며 도전적인 새로운 R&D 체계가 필요

- 공정성과 형평성 중심의 기획, 평가, 관리 체계가 자리잡으며 생긴 제도 고착과 행태 고착의 문제점을 해결하기 위해선, 파괴적 혁신기술 개발에 도전하는 R&D 시스템 마련 추진

< 문제/이슈 도출을 통한 추진 방향성 및 전략 수립 >

문제/이슈	SWOT	방향성
• 새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각	• (SO2) 미래사회에 요구되는 임무지향적 R&D 투자 추진 • (ST1) 기 확보한 R&D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 혁신기술 확보	도전적이고 명확한 임무형 주제 설정 ▼ 변혁적 성과 창출에 도전하는 혁신적 기획체계 구축
• 기술선도국의 변혁적 기술확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 HRHR 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진	• (ST2) 불확실성에 대비한 장기 · 유연 R&D 투자 • (SO1) 기 확보한 R&D Stock을 활용, 확산하는 R&D 추진	책임PM 주도의 장기 · 유연한 연구관리 시스템 도입 ▼ 자율과 책임에 기반한 HRHR 관리체계
• 대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움	• (WO2) 해외 변혁적 · 지향적 R&D 프로그램 성공사례 벤치마킹 • (WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입	전담지원 조직을 통한 집중적인 사업관리 ▼ 변혁적 성과 창출을 위한 유연한 연구구조
• 변혁적 기술 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 한계도전 R&D프로젝트의 확대 추진 필요	• (WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹 • (WO1) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&D관리체계 도입	성과 활용을 위한 체계적인 지원 ▼ Scale-up

방향성	추진 전략
변혁적 성과창출에 도전하는 기획체계 구축	• 도전적이고 명확한 임무중심형 연구분야 설정
	• 책임PM 주도의 자문단 운용 및 외부 지원 조직을 통한 글로벌 난제 도전 주제 발굴
자율과 책임에 기반한 HR-HR 관리체계 구축	• 책임PM 주도의 장기·유연한 연구관리 시스템 도입
	• 독립체계 구축을 통한 의사결정체계의 신속성과 전문성 확보
변혁적 성과 창출을 위한 유연한 연구구조	• 책임PM의 자율, 책임, 권한으로 도전적 연구 수행
	• 명확한 임무, 목표 설정으로 변혁적 성과 지향
Scale-up	• 성과 활용을 위한 T2I(Tech to Impact) 내 전문 기술사업화조직 운용
	• Scale-up R&D 지원을 통한 조기 성과창출 체계 구축

❍ **(과학기술기반 문제·이슈 해결의 중요성 및 필요성)** 도전적인 연구목표를 가진 프로그램의 규모 확대와 창출 성과의 산업계·연구계 확산을 위하여 한계도전 R&D 프로젝트를 위한 장기적인 지원체계가 필요함에 따라 기존 한계도전 R&D 프로젝트의 규모와 범위 확대를 위한 새로운 R&D사업 필요

- 정부는 세계 최고·최초를 지향하는 혁신적인 연구에 연구자들이 실패에 대한 걱정없이 도전할 수 있도록 만들기 위하여 혁신도전형 국가 R&D 사업 협의체를 출범('24.3.)

- 한계도전 R&D 프로젝트는 그 중 대표사업으로 분류되어 사회·경제적 패러다임을 전환하는 파괴적 혁신 기술개발과 도전·혁신 R&D 생태계 조성에 위해 '23년부터 시범사업으로 수행

- 소극적 과제 목표달성을 위한 R&D 환경을 타파하고 도전적이고 과감한 연구를 통한 변혁적 성과 창출을 도출하는 R&D 체계로 전환하기 위해선 한계도전 R&D사업의 확대가 필요

<문제인식 및 해결방안>

(5) 전략(대안)	(6) 가정
• 유연·자율성을 기반으로 하는 도전적 연구환경 조성 • 변혁적 기술개발 체계 마련	• 글로벌 기술 패권경쟁 심화로 인한 변혁적 원천기술 확보 필요 • 우리나라 국가연구개발 제도화에 따른 고착 현상으로 도전적인 연구 수행 감소 • 변혁적 기술 확보를 위한 연구개발 인프라 역량을 보유하고 있으므로, 도전적 연구를 수행 할 수 있는 연구환경 조성 필요

▼

(4) 영향요인	(1) 문제/이슈의 설명	(3) 희망하는 결과
• 미래사회 대응, 국가 기술경쟁력 강화 및 경제성장을 위한 돌파구 마련 시급 • 경쟁국의 미래 혁신기술의 예측 및 수요시장에 대한 적극적인 활동 증가 • 세계 신시장 선도를 위한 First-Mover 기술혁신 동력 확보 필요	• 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구환경 조성전략적 지원 필요 • 국내에서는 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황 • 기존 한계도전 R&D 프로젝트를 확대하여 도전적 연구체계 구축·확산 프로그램으로 전환 필요	• 미래 성장동력을 확보를 통한 변혁적 기술 개발 및 다양한 분야 확산을 통한 국가 경쟁력 제고

(2) 사회적 필요/자산
• 유관분야 전문인력(연구소, 대학, 기업 등) • 유관분야 기업 및 연구소 • 정부 지원 금액(6,749억)

❑ 사업목표의 적절성

❍ **(목표와 문제와의 연관관계)** 거시적 환경 측면과 산업/기술 측면에서 동 사업의 목표와 해결할 문제간의 연관성을 조사·분석 수행

- (거시적 환경 측면) 국가 및 사회경제적으로 다양하고 복잡해지는 난제를 해결하기 위한 변혁적 연구개발 필요한 상황으로 국가 현안 문제 해결 중심의 임무지향적 변혁적 기술개발 및 도전적 연구개발 환경 확산을 목표로 설정

- (산업/기술적 측면) 기존의 성장방식이었던 Fast-follower 전략은 First-Mover로 전환이 필요한 시점으로 파급력 높은 성과 창출과 혁신 기술을 확보하기 위한 도전·혁신형 연구개발은 국가 경쟁력 및 미래 성장동력을 선점하기 위해 필수

< 사업 논리모형 >

1. 이슈 / 문제

- 국가미래경쟁력 확보를 위한 변혁적 기술 확보 필요
- 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요
  - 대규모 비용과 낮은 성공확률의 특성으로 인해 도전적 목표, 포트폴리오 과제관리, 전담 지원기관 설립 등 별도의 연구지원 체계를 마련하여 집중 지원 필요
    ※ 기술선도국도 DARPA, ARPA-E, SPRIN-D, ARIA 등 다양한 프로그램을 도입하여 전략적 지원 추진 중
- 국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황
  - 기존의 정부 R&D는 단기적인 성공에만 집중하여 First-Mover의 혁신적인 연구지원은 미흡
  - 연구자들도 기존 R&D틀을 벗어나지 못하고 행태적으로 고착화되어 더 이상 기존 시스템으로는 변혁적 R&D 성과 창출에 한계란 지적
- 도전적 연구문화 형성과 검증된 혁신적 연구개발 성과 창출 시스템인 美DARPA 시스템 모형을 벤치마킹한 사업도입 필요

2. 목표

- (비전) 혁신적 R&D 체제 도입을 통한 과학기술 4대 강국 도약
- (목표) 세상을 변화시킬 수 있는 변혁적 원천기술 확보

3. 수혜자

- (직접) 대학/연구소/기업의 연구자
- (간접) 정부, 국민, 기업

4. 투입

- 총사업비
  : 6,749억 원

5. 활동

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

6. 목표 산출

- 변혁적 성과창출을 통한 글로벌 문제해결과 국가 과학기술 위상 제고

7. 성과/영향

▶ 성과
- 변화하는 글로벌 환경에 대응한 변혁적 기술 확보
- 원천기술 플랫폼 구축을 통한 연구역량의 축적·활용 촉진

▶ 영향
- 기술 선도국으로서의 위상 유지 및 과학기술 선도국가 도약
- 기술패권경쟁에 대응한 기술주권 확립

8. 가정

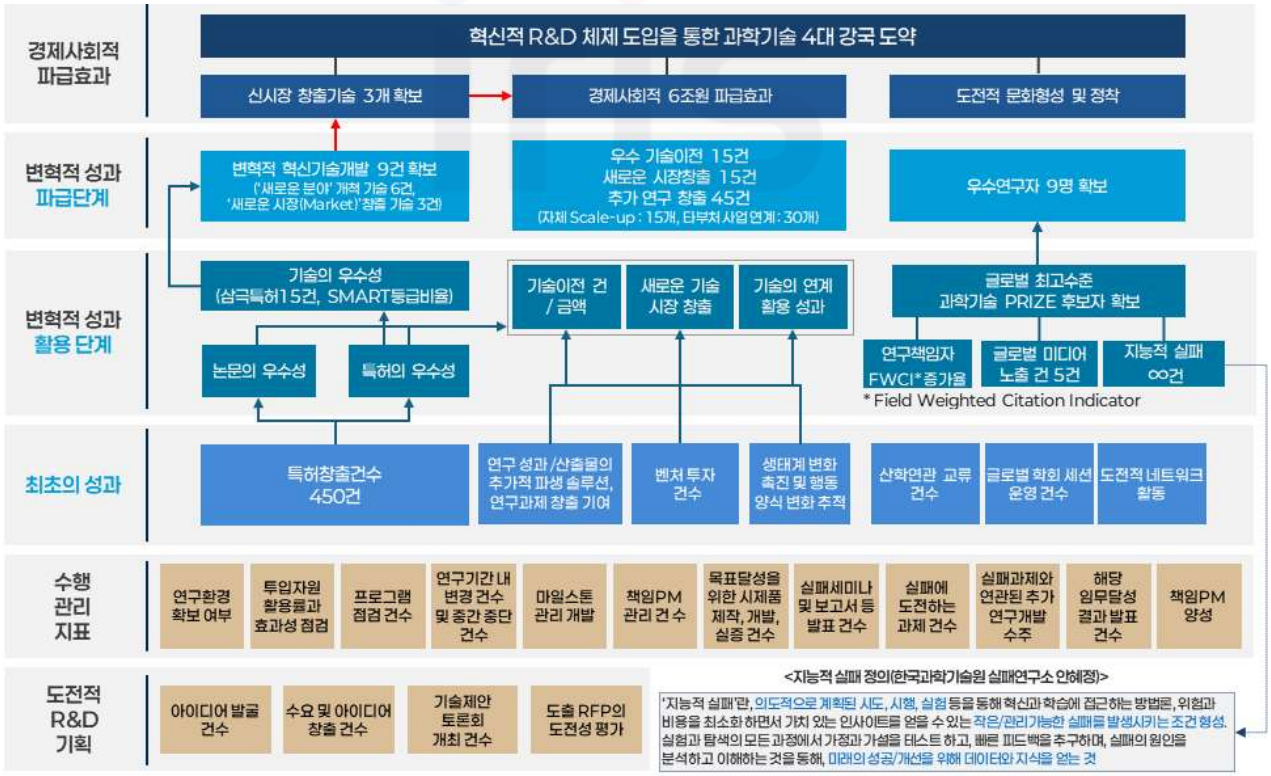
- 도전적 목표를 설정하고 이를 위한 혁신적인 프로그램을 도입해야 변혁적 기술 확보 가능
- 변혁적 기술의 고위험성·예측불가능성으로 인해 대형·장기·집단연구 지원이 필요
- 독립적인 지원조직이 아닌 기존의 지원을 유지할 경우, 기존의 지원방식을 답습할 가능성이 높음

❍ **(사업목표 설정의 적절성)** 동 사업은 도전정신 기반의 변혁적 성과 창출이 가능한 R&D 시스템의 정착을 위하여 실패를 용인하며 연구 과정을 자산화하기 위한 목표 달성을 위해 체계적인 성과관리 체계 구축 추진

< 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정 >

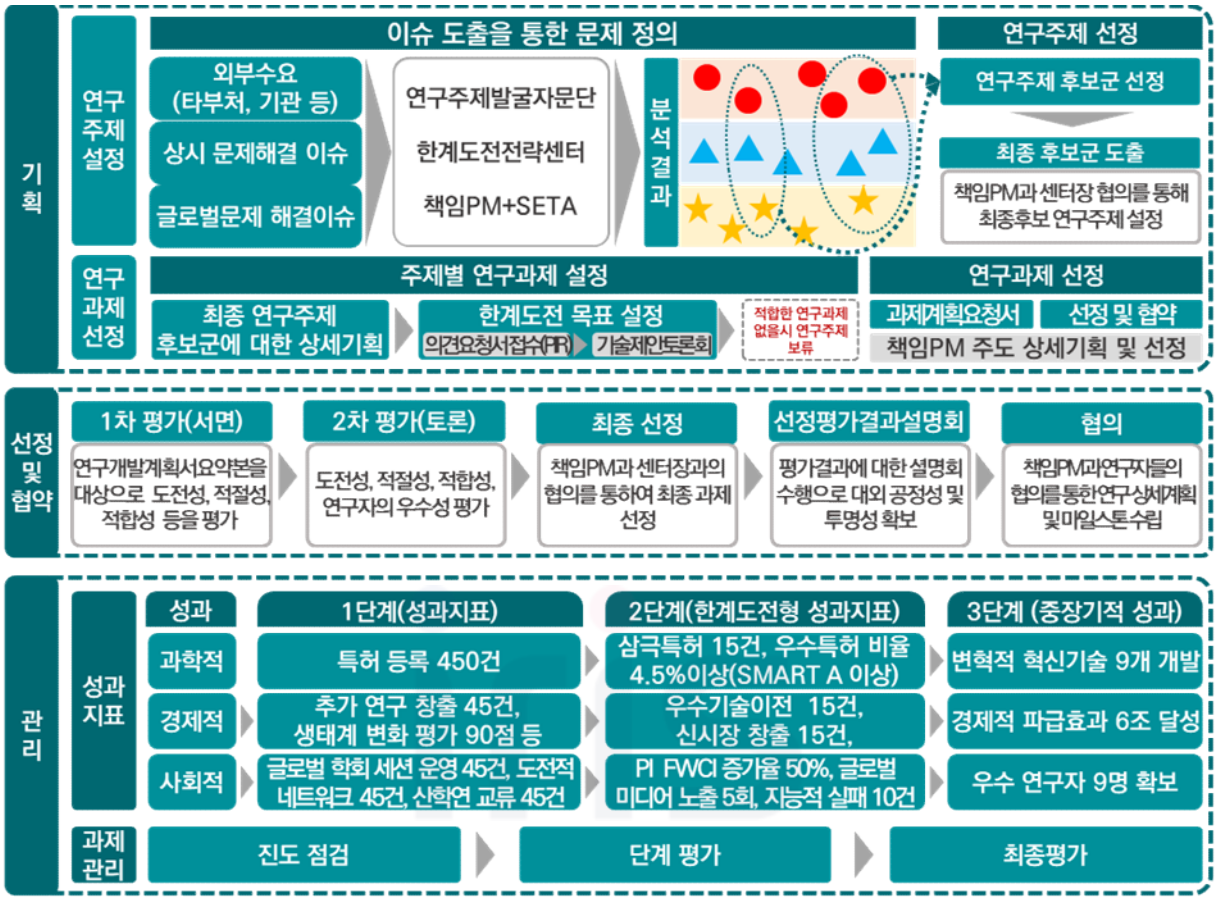
사업 비전	혁신적 R&D 체계 도입을 통한 과학기술 4대 강국 도약		
구분	**1단계**	**2단계**	**3단계**
과학기술적 성과	등록특허 건수	기술의 우수성 삼극특허 건수 / 우수특허 비율	변혁적 혁신기술 창출
경제적 성과	추가연구 창출 건수 생태계 변화 촉진 점수	우수 기술이전 건수 新 기술시장 창출	파급효과 발생 금액
도전적 연구 문화	네트워크 구축 건수 산학연 교류 활동 건수 글로벌학회 세션 운영 건수	연구책임자(PI) FWCI 증가율 지능적 실패 건수 글로벌 미디어 노출 건수	우수 연구자 확보 건수

< 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정 >



❑ 세부활동 및 추진전략의 적절성

❍ (세부활동의 구성 및 내용의 구체성과 연계성) 기술비지정 과제 공모를 통하여 연구과제를 선정함에 따라 도전·혁신적 과제 기획이 매우 중요하다 판단되어 기획을 위한 프로세스를 체계적으로 구축하여 과제 공모 수행 필요



- 미래 과학기술 패러다임을 바꿀 수 있는 경제사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술개발을 위하여 책임PM은 분야별 임무를 설정하고 최대 9개의 주제를 선정

➟ 동 사업의 과제기획은 책임PM 주도 하에 수행됨에 따라, 책임PM와 자문단, 센터장 등의 협의를 통한 연구 분야와 연구 주제 도출을 수행하고 연구 주제와 관련된 전문가들의 의견수렴을 위하여 기술제안토론회를 개최

< 한계도전 R&D 프로젝트 연구 분야별 주제 도출 예시 >

연구 분야	분야별 도전 필요 Big picture	연구 주제
미래를 여는 물질	건강하게 공영하는 인류	• 데이터 폭증 시대를 대비하는 광변호 혁신 기술 • 우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할 수 있는 센서 소재
지속가능한 지구	안전하고 쾌적한 환경 구현	• 에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술 • 탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술
디지털 웰·빙 케어	지속가능한 에너지 미래소재	• 디지털 뇌 신경 브릿지 • Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술
혁신 첨단융합	미개척·미인지 영역 도전	• Transformer를 뛰어넘는 foundation model 구조 개발 • Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발
스마트 안전		• 미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발 • 물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동반응소재 시스템 개발

2 정책적 타당성분석

❑ 상위계획과의 부합성

❍ 「한계도전 R&D 프로젝트」 사업은 국가경쟁력 확보를 위한 파급력 높은 기초·원천기술 개발을 목적으로 하며, 상위 계획과의 부합성이 높은 것으로 판단

- 과학기술 분야 최상위계획인 「제5차 과학기술기본계획('23~'27)」은 과학기술혁신이 선도하는 담대한 미래를 비전으로 수립하였으며, 동 사업과 부합성이 매우 높은 것으로 판단됨

< 동 사업의 상위계획과의 부합성 >

구분	상위계획의 주요내용	한계도전 R&D 프로젝트	
		유관 내용	부합도
제5차 과학기술 기본계획 (`23~`27)	• 과학기술혁신이 선도하는 담대한 미래를 비전으로 ①국가 연구개발 전략성 강화, ②민간 중심 과학 기술 혁신생태계 조성, ③과학기술 기반 국가적 현안 해결을 주요 방향으로 추진 -정책목표의 도전성, 이행실적의 질적 우수성을 나타내는 핵심 성과지표를 제시	• 대체 불가능한 원천기술 확보를 위한 고위험·도전 연구 활성화 등 과학기술 혁신을 지향하고 이를 통하여 국가·사회 현안 해결 수행한다는 측면에서 동 사업의 방향성과 부합 -(동사업) 실패가능성이 높으나 파급력 높은 도전적 R&D로 혁신을 선도하고 국가·사회적 문제해결을 임무로 설정	매우 높음
2025년도 국가연구개발투자 방향 및 기준 (`24.3.)	• 국가적 혁신을 이끌수 있는 선도·도전적 R&D에 대한 투자 지원과 혁신도전형 R&D 발굴 수행 • 혁신을 주도하는 글로벌 R&D 중추 국가로의 도약 지원 및 국가 인재양성을 위한 R&D 투자 집중 등 기술주권 확보를 위한 R&D 지원	• 실패의 가능성이 있으나 성공 시 국가적 기술혁신을 이끌 수 있는 도전형 연구개발 지원을 통해 기술주권 확보를 추진한다는 점에서 동 사업의 방향성에 부합 -(동사업) 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발 및 자율적 연구 문화 조성을 주요 목표로 설정	매우 높음
혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안 (`24.3.)	• 혁신적·도전적 R&D의 체계적인 육성시스템을 구축하고, 우리나라 연구개발 생태계를 선도형 R&D 체계로 전환하기 위하여 혁신도전형 R&D 사업군 제도 시행 -(혁신임무형) 국가적 임무 해결을 위한 파괴적 혁신기술 개발 또는 국가경쟁력 강화를 위한 세계 최고 수준 기술 확보 또는 신시장 선점을 목표 • 전문기관 내 혁신도전형 R&D 전담조직을 지정 운영하고 R&D 투자 지속성 확보 수행	• 한계도전 R&D프로젝트는 혁신도전형 R&D 사업군으로 분류되어 있으며,동 사업에서 기존 패러다임을 혁신적으로 전환하는 연구로서 파급효과가 크나 실패의 위험이 높은 HRHR의 임무중심형 R&D 사업을 수행함에 따라 해당 체계화 방안과 부합도가 매우 높음 -(동사업) 전문기관 내 동 사업을 위한 독립성과 자율성이 보장된 전담조직인 한계도전전략센터를 지정 운영하고 있으며, 추후 독립기관으로 신설 추진	매우 높음
윤석열 정부 R&D 혁신 방안 (`23.11.)	• 정부연구개발의 질적 수준이 정체되어 있는 이유를 기초·원천 연구 및 차세대 기술개발에 집중하지 못하였고, 도전적 R&D 시스템 혁신의 부족으로 판단 • 실패를 용인하고 연구과정의 경험을 축적·공유할 수 있는 혁신적 연구개발에 과감히 도전할 수 있는 제도 도입 및 도전·혁신적 R&D 사업에 맞지 않는 규제 혁파 추진	• 도전·혁신적 R&D에 맞지 않는 규제를 혁파하고 실패를 용인하는 혁신·도전적 연구제도 도입에 있어 유연한 연구환경을 조성하기 위한 동 사업 방향성과 부합 -(동사업) 실패를 용인하고 마일스톤 변경이 가능한 연구자의 자율성을 보장하는 혁신·도전적 R&D를 추진	매우 높음

❑ 사업 추진체제 및 추진의지

❍ (기존사업과의 차별성 비교) 동 사업은 지속적인 혁신 기술개발을 위한 R&D 체계의 근본적인 변화 촉구와 국가·사회적 현안 및 난제를 해결하는 도전적이고 파급력 높은 기술 확보 목적으로 하여, 기술의 확보와 확산 측면에서 차별성을 가짐

< 동 사업과 혁신도전 프로젝트 사업과의 차별성 분석 >

구분	한계도전 R&D 프로젝트	(과기정통부) 혁신도전 프로젝트	(산업부) 알키미스트 프로젝트
사업 목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제해결 및 미래 혁신선도 산업 창출	• 미래 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제적·사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천 기술개발을 통해 새로운 시장 및 산업영역 창출
지원 대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 - 실패 가능성이 높으나 성공시 경제·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 국가 차원의 선제적 해결이 필요한 연구주제	• 선정된 연구테마와 관련된 산업기술 전 분야를 대상 • (연구테마) 현재 기술 수준을 뛰어넘어 기존 시장에 얽매이지 않고 신산업을 창출할 수 있는 와해성 기술, 게임체인저 기술을 목표
지원 기간 및 규모	• 총 10년, 6,749억 원 규모 지원 - 과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 4년(`20년~`23년) / 연간 50억 원 내외 - 선기획(0.5년)이후 본연구 3년 지원	• 총 10년(`22~`31년) / 총 4,412억 원 • 경쟁형 R&D 지원으로 단계별 지원 규모 및 기간 상이 : 1단계(1년, 2억) → 2단계(1년, 5억) → 3단계(5,40억)
추진 체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• 추진단장은 사업목적에 부합하는 사업 기획 • 사업단장은 연구테마의 과제 구성 및 관리	• 민간 전문가들로 구성된 그랜드챌린지위원회에서 테마 발굴
주요 특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 - 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• 부처칸막이를 넘나들며 문제해결에 집중 • 민간전문관리자의 사업관리 • 유연한 연구관리제도 도입	• 3단계의 경쟁형 R&D 방식 • 기업 멤버십 도입으로 사업화 연계 추진
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• (문제점) 관리체계가 이원화되어 성과관리에 어려움 존재	• 연구개발에 기업참여로 특정성 문제 제기 우려

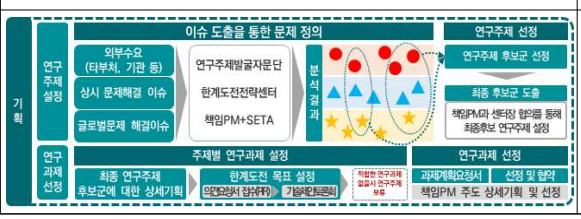
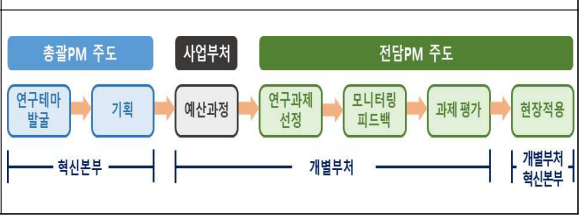
구분	(과기정통부) 과학난제도전 융합연구개발사업	(보건복지부) 한국형 ARPA-H 프로젝트	(과기정통부) 미래유망융합기술 파이오니어
사업 목적	• 기존 연구에서 풀지 못했거나 시도하지 못했던 과학난제를 돌파하거나 세계 최초로 시도하는 연구를 지원하여 도전·혁신적 과학기술 성과 창출 - 기초과학-공간 간 융합으로 과학난제 도전에 글로벌 리더십 주도 및 인류 공동의 난제 해결로 공영가치 기여	• 국가·사회가 당면한 보건·의료분야의 난제를 해결하기 위해 고비용·고난도 이나 파급효과가 큰 임무중심형 연구개발 추진	• 신기술·산업 패러다임 창출 또는 변화를 유도할 수 있는 임무 중심 핵심원천기술 개발을 위한 융합연구 지원 - NT, BT, ET, IT 등의 이종 기술간의 융합을 통해 고위험- 고수익형 융합원천기술 개발
지원 대상	• 기초과학과 공간 간 융합연구를 통해 해결 및 선도가 가능한 과학난제 분야	• 보건안보 확립, 미정복질환 극복, 바이오헬스 초격차 기술 확보, 복지·돌봄 개선, 필수의료 지역완결체계 구축 5개 분야의 도전적 문제 해결	• 현존 기술로 해결이 어려운 임무에 대한 기술적 해결책을 제시할 수 있는 기술·집단 간 융합연구 과제 지원
지원 기간 및 규모	• 총 4.5년 / 총 90억 원 지원(20억/년) - 소규모 그룹 연구를 통한 난제 적절성 검증	• 총 10년(`24년~`33년) / 1조 1,628억 원 - `24년 495억 원의 예산 지원	• `08년부터 수행된 계속 과제 - (전략형) 과제당 5년 내외(2+3) : 1단계 평균 6억, 2단계 평균 12억 - (도전형) 과제당 6년 내외(2+2+2) : 1단계 평균 4억, 2단계 평균 8억, 3단계 평균 12억
추진 체계	• 연구책임자 중심의 소규모 그룹 융합연구 - 7인 이상 참여 불가능	• PM 주도의 과제 기획 및 특별위원회를 통한 기획방향 확정 • 해외 우수기관과의 글로벌 협력 지원	-
주요 특징	• 오픈 R&D 플랫폼 지향 • 기초 연구를 중심으로 하여 시장과의 연계성 낮음	• PM 중심의 신속한 결정 • 고위험, 고수익의 도전적 연구 장려	• 성과목표를 원천특허 포트폴리오로 선정 • 집단 융복합을 위한 소규모 집단연구 지원
차별성	• (문제점) 기초 및 공학 융합연구를 중심으로 함에 따라 자율 기반의 한계에 도전하는 도전·혁신형 사업으로 보기엔 다소 어려움 존재	• 외부 위원회를 통한 신속하고 유연한 책임PM 주도의 사업 관리에 차질 우려	-

❑ (과기부, 혁신도전 프로젝트) 혁신도전 프로젝트는 KISTEP의 추진단장이 연구테마를 발굴하고 각 부처의 예산확보를 지원, 각 부처가 사업을 추진하는 기획-집행의 이원화된 구조 유지

➟ 부처 칸막이를 넘어서는 과제의 기획이 가능하였으나, 기획과 R&D 운영·관리가 이원화된 태생적 한계를 극복하기 어려움

➟ 반면 한계도전 R&D 프로젝트는 기획부터 평가, 관리까지 책임PM이 일괄 주도하며, 강력한 지원조직까지 구성하는 사업으로 혁신·도전형 연구문화 조성 및 변혁적 기술개발에 보다 적합한 체계로 판단

➟ 또한 동 사업과 타 DARPA형 사업의 유사중복성 지적은 연구 주제, 테마 선정 시에 한국연구재단, 책임PM, 연구주제발굴위원회의 의견수렴과 부처간 논의를 통해 해소 예정. 또한 유사한 연구주제를 추진하더라도 연구방법, PM 주도의 과제관리를 통해 차별성을 둘 것임

구분	한계도전 R&D 프로젝트	(과기정통부) 혁신도전 프로젝트
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제해결 및 미래 혁신선도 산업 창출
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀 수 있는 도전적 연구 • 실패 가능성이 높으나 성공 시 경제 · 사회적 파급효과가 큰 변혁적 원천기술 분야	• 국가 차원의 선제적 해결이 필요한 연구주제
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 • 과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 4년(`20년~`23년) / 연간 50억 원 내외 • 선기획(0.5년)이후 본연구 3년 지원
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• 추진단장은 사업목적에 부합하는 사업 기획 • 사업단장은 연구테마의 과제 구성 및 관리
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 • 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• 부처칸막이를 넘나들며 문제해결에 집중 • 민간전문관리자의 사업관리 • 유연한 연구관리제도 도입
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• 관리체계가 이원화되어 성과 관리에 어려움 존재
사업추진 (기획) 과정		

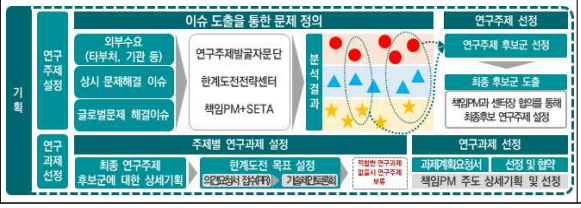
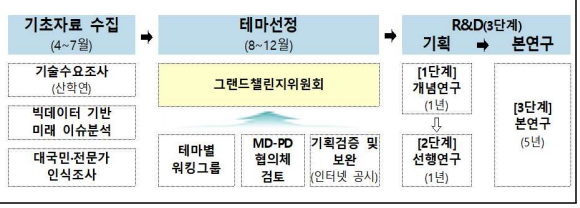
❑ 과기부의 혁신도전 프로젝트와 한국연구재단 국책사업의 방식과 한계도전 R&D 프로젝트의 사업 수행 방식 비교

구분	한계도전 R&D 프로젝트	혁신도전 프로젝트	(한국연구재단) 국책사업방식
연구 주제 발굴	**[책임PM 주도]** • 책임PM, 연구주제발굴자문단, 한국연구재단 등에서의 현황 파악을 통하여 책임PM이 도전적 문제 정의 및 연구주제 발굴	[민간 주도] • 총괄 PM+과학기술인문사회 커뮤니티	• 해당분야 전문가들이 참여한 사전기획회의로 연구주제 (특정과제) 논의
▼			
사업 기획	**[책임PM 주도]** • 의견요청서 및 기술제안토론회를 통해 연구자와 소통하는 기획	**[기획 내용]** • 국가차원의 사회, 산업적 문제해결 전략 (문제정의→임무→기술수행방식→현장적용) **[기획 방식]** • 총괄PM → 아이디어 공모 기획위원회	• 일부 전문가 및 관련 학회 위주의 공청회에서는 연구자 의견 전달 기회가 제한적
▼			
예산 신청, 편성, 집행	**[책임PM 주도]** • 책임PM 기획에 따른 예산의 자율적 운영	**[절차]** • 총괄PM→개별부처→사업 전담PM **[예비타당성 조사]** • 사업 특성에 맞게 신속히 진행	-
▼			
연구팀 선정	**[선정평가]** • 책임PM이 평가에 참여하여 기획의도에 맞는 과제가 선정될 수 있도록 역할 수행 • 평가위원 제척기준 완화를 통해 평가 전문성 강화 • 책임PM과 평가위원의 정성적 평가	**[선정 방법]** • 해외 연구팀 활용, 동료 평가 등 **[선정 기준]** • 연구자 및 연구자 소속기관 역량	• 연구주제 발굴·기획자와 평가자 상이 • 연구과제 선정의 공정성 확보에 따른 평가 전문성 하락 • 평가항목 및 배점에 따른 획일적·정량적 평가
▼			
연구 수행	**[연구 방식]** • 연구수행의 유연성 보장 (책임PM 판단 하에 연구목표·내용을 조정(pivoting)) • 과제 수행과정에서 책임PM이 상시 컨설팅 진행	**[연구 방식]** • 경쟁형R&D, 포상금 후불형 **[연구비 집행]** • 연구비 비목기준 완화, 사용계획 자율 변경 등	• RFP에 명시된 목표와 절차·시간의 준수 • 과제 수행 중 교착상태 발생 시 연구단 스스로 해결
▼			
평가	**[시기]** 수시 진도관리, 단계평가, 종료평가 등 • 책임PM이 단계평가 및 최종평가 실시·방법 판단 **[방법]** • 과제별 성과지표 차등 적용 • 연구수행과정 및 성과에 대한 공개발표회 형식으로 종료평가	**[시기]** 수시 진도관리 **[방법]** 컨설팅, 워크숍 등 점수화 탈피 **[후속조치]** • 목표 재조정(수시), 조기 종료(수시) • 불필요한 과제에 대한 자발적 포기	• 논문, 특허, 기술료 등 정형화된 성과지표 적용 • 각 단계 종료시 단계평가 및 최종평가 • 정량적 성과지표를 통한 연구 성공/실패에 대한 종료평가
▼			
사업환류 및 모니터링	센터장 ↔ 책임PM	총괄PM ↔ 사업 전담PM	-

❑ **(산업부, 알키미스트 프로젝트) 동 사업은 책임PM의 기획에 따라 경쟁형, 포상형, 융합형 등의 연구 방식을 선정할 수 있으며, 연구 목표 달성을 위한 방법론 설정 또한 가능**

➟ 알키미스트 사업은 필수적인 경쟁형 R&D 수행과 상업화를 위한 기업 모집·참여가 필수적인 산업 R&D 성격이 강한 사업으로, 동 사업의 변혁적 원천기술 개발과는 연구단계부터 차별점이 존재

➟ 알키미스트 사업은 경쟁형 R&D 이후 정해진 연구방법을 따르고 기업의 참여가 필수적임에 따라 다소 경직된 과제관리가 필요하나, 동 사업은 책임PM의 기획과 과제관리에 따라 연구 방식과 방법 등을 보다 유연하게 설정하고 운영할 수 있는 자율성이 존재

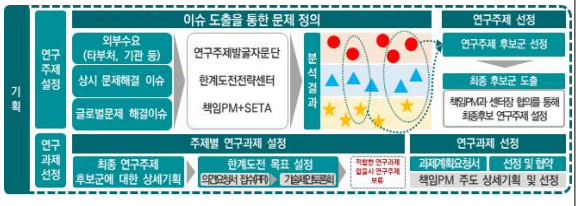
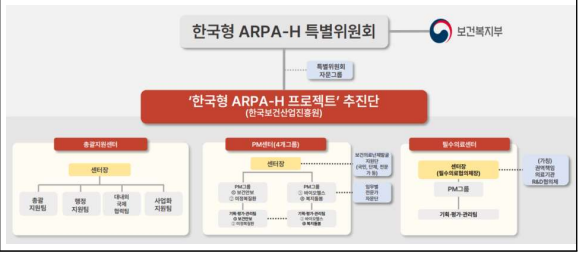
구분	한계도전 R&D 프로젝트	(산업부) 알키미스트 프로젝트
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 미래 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제적 · 사회적 파급효과가 큰 도전적 · 혁신적 핵심원천기술개발을 통해 새로운 시장 및 산업영역 창출
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 • 실패 가능성이 높으나 성공시 경제 · 사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 선정된 연구테마와 관련된 산업기술 전 분야를 대상 • (연구테마) 현재 기술 수준을 뛰어넘어 기존 시장에 얽매이지 않고 신산업을 창출할 수 있는 와해성 기술, 게임체인저 기술을 목표
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 • 과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 10년(`22~`31년) / 총 4,412억 원 • 경쟁형 R&D 지원으로 단계별 지원 규모 및 기간 상이 : 1단계(1년, 2억) → 2단계(1년, 5억) → 3단계(5,40억)
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• 민간 전문가들로 구성된 그랜드챌린지위원회에서 테마 발굴
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 • 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• 3단계의 경쟁형 R&D 방식 • 기업 멤버십 도입으로 사업화 연계 추진
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• 연구개발에 기업참여로 특정성 문제 제기 우려
사업추진 (기획) 과정		

- (보건복지부, 한국형 ARPA-H) 동 사업은 5개의 분야*별 연구주제로 구성되어 다양한 범위의 연구를 수행하나 ARPA-H 사업은 보건·의료분야**에 국한

* (5대 분야) ①미래를 여는 물질, ②디지털 웰 · 빙 케어, ③지속가능한 지구, ④혁신첨단융합, ⑤스마트안전

* * (5대 임무) ①보건안보 확립, ②미정복질환 극복, ③바이오헬스 혁신, ④복지돌봄 개선, ⑤필수의료 혁신

➟ 외부 위원회 운영, 경쟁형 R&D 필수, 이미 정해진 연구주제 등

구분	한계도전 R&D 프로젝트	(보건복지부) 한국형 ARPA-H 프로젝트
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 국가 · 사회가 당면한 보건 · 의료분야의 난제를 해결하기 위해 고비용·고난도 이나 파급효과가 큰 임무중심형 연구개발 추진
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 • 실패 가능성이 높으나 성공시 경제 · 사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 보건안보 확립, 미정복질환 극복, 바이오헬스 초격차 기술 확보, 복지 · 돌봄 개선, 필수의료 지역완결체계 구축 5개 분야의 도전적 문제 해결
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 • 과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 10년(`24년~`33년) / 1조 1,628억 원 • `24년 495억 원의 예산 지원
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• PM 주도의 과제 기획 및 특별위원회를 통한 기획방향 확정 • 해외 우수기관과의 글로벌 협력 지원
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 • 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• PM 중심의 신속한 결정 • 고위험, 고수익의 도전적 연구 장려하며 경쟁형 R&D 수행
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• 외부 위원회를 통한 신속하고 유연한 책임PM 주도의 사업 관리에 차질 우려
사업추진 (기획) 과정		

❑ 재원조달 가능성

❍ (비용추정) 동 사업 예산을 설정하기 위해 각 분야 주제를 구성하는 세부과제별 단가를 설정하여 전체 사업규모를 수정

- 과제별 사업단가를 설정하기 위해 동 사업과 유사한 성격의 원천기술개발 사업의 과제 당 지원내역을 토대로 설정

  ➡ 유사 원천기술개발사업의 평균 지원기간은 49개월으로 나타났으며, 지원금액은 41.97억 원, 연평균 지원금액은 10.84억 원으로 나타남

- 동 사업은 5개 분야에서 9개 주제를 발굴하여 각 주제당 4개의 과제를 3년간 수행함을 가정, 각 과제별로 연간 10억 내외의 연구비를 상대적으로 짧은 기간인 3년 안에 집중지원하여 성과창출

< 동 사업 예산 규모 >

(단위: 억 원)

구분		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	소계
R&D	Seedling	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	90
	한계도전 R&D	400	600	800	600	600	600	600	600	400	200	5,400
	Scale-up R&D	-	-	-	100	100	100	150	150	150	100	850
	합계	410	610	810	710	710	710	760	760	560	300	6,340
운영비		35.5	37.5	49.5	37.5	47.5	37.5	47.5	37.5	45.5	33.5	409
총 합계		445.5	647.5	859.5	747.5	757.5	747.5	807.5	797.5	605.5	333.5	6,749

❍ (재원조달가능성 검토) R&D 투자의 효율화와 내실화 기조에도 불구하고 혁신도전적 R&D 분야에의 투자 집중 계획이며, 동 사업은 국가재정운용계획 상 투자 방향에 부합하여 재원조달이 가능할 전망

- '24년 3월, 정부는 「혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안」 발표를 통하여, 혁신도전형 R&D 사업군을 구분, 혁신도전형 R&D 투자의 지속성을 위해 '25년 1조 원 지원과 '27년 총 정부 R&D 예산의 5% 수준의 지원 추진

  ➡ 정부 R&D 예산의 5% 수준을 혁신·도전형 R&D에 지원할 예정

  ➡ 임무중심형 R&D의 대표적인 사업인 한국연구재단의 국책 연구 사업의 예산은 '23년 2조 5,000억 원이었으며 약 5% 수준은 1,250억 원 규모

❍ 사업 기간('26~'35) 내 과기부 신규 R&D 예산 추정 결과 총 가용예산은 33,936억 원 규모이며, 신규 가용예산 대비 동 사업예산 비율은 연평균 20%로 높은 편에 속하나, 사업 추진 가능성은 충분한 것으로 판단

< '26~'35년 R&D 예산 전망을 통한 재원조달가능성 파악 >

(단위: 억 원)

구분	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33	`34	`35	합계
예산 전망	96,227	99,259	102,387	105,613	108,941	112,374	115,915	119,568	123,336	127,223	1,110,843
신규 가용 예산 추정	2,940	3,032	3,128	3,226	3,328	3,433	3,541	3,653	3,768	3,887	33,936
동사업예산	445.5	647.5	859.5	747.5	757.5	747.5	807.5	797.5	605.5	333.5	6,749
추정 예산 대비 사업비	15.2%	21.4%	27.5%	23.2%	22.8%	21.8%	22.8%	21.8%	16.1%	8.6%	19.9%

❑ 법·제도적 위험요인

❍ 한계도전 R&D 프로젝트 사업추진에 있어 법·제도적 위험요인은 없는 것으로 판단

- WTO 보조금 유형인 금지보조금과 조치가능보조금으로 위험요인을 판단 할 시, 동 사업은 법·제도적 위험요인이 없을 것으로 판단됨

❍ (사업추진 근거법령의 적절성) 동 사업은 도전적 혁신적 기술 개발과 관련된 내용이며, 이와 관련된 국가 법령 및 중장기 정책등에서 제시되고 있음

- 「과학기술기본법」 제11조(국가연구개발사업의 추진)

- 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법」 제14조(특정연구개발사업의 추진)

- 동 사업의 상세 규정과 추진 절차는 「국가연구개발혁신법」 및 동법 시행령, 동법 시행규칙과 과학기술정보통신부 소관 과학기술분야 연구개발사업 처리규정, 한계도전 R&D 운영 규정 등을 준수

❍ (국내 관련 법제도 검토-국가연구개발사업 절차의 누락 가능성) 국가연구개발사업 절차의 누락 가능성을 종합적으로 검토

- 본 연구개발사업은 과학기술정보통신부 소관이며, 총사업비가 500억 원 이상, 국가 재정 지원 300억 원 이상으로 예비타당성 조사 대상

- 「국가재정법」에서는 총사업비 500억 원 이상이고, 국가의 재정 지원 규모가 300억 원 이상인 신규사업을 예비타당성 조사 대상으로 규정

- 「과학기술기본법」에서는 중앙행정기관의 장은 과학기술 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하도록 규정

- 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 근거한 사업 기획 단계를 거쳐 사업 기획(안) 작성

❍ (조약 및 국제협약 검토-WTO 보조금 위반 검토) 국가연구개발사업의 지원이 WTO 금지보조금 및 조치 가능 보조금에 해당하여 마찰 가능성이 있는지 평가

- 「WTO 보조금 및 상계조치협정(Agreement on Subsidies and Countervailing Measures, 이하 보조금협정)」 제2조에 따르면 동 협정은 '특정성*' 있는 보조금만을 규제 대상으로 하고 있음

< WTO 보조금 위배사항 종합검토>

WTO 보조금 위배 규정항목		검토결과	관련내용
금지 보조금	수출보조금	×	• 기업의 수출 증진 또는 수입대체 실적 등과 직접 연계되는 금지보조금에 해당하지 아니함
	수입대체보조금	×	
조치가능 보조금	재정적 기여	×	• R&D 자금의 이전
	혜택여부	×	• 기술개발 지원을 위한 자금이전으로 혜택 발생
	특정성	×	• 동 기술 개발 사업은 프로그램형 사업으로 특정성과 해당없음

3 경제적 타당성분석

❑ 분석결과

- (고정비용 분석) 비교대상 사업과의 유사한 성과 가정 시,동 사업은 하나의 주제(4개 과제 구성)를 지원하는데 109억 원의 비용이 발생하여, 동 사업은 타 사업 대비 효과적인 지원이 가능할 것으로 예상

  * 동 사업이 ImPACT 사업이나 Moonshot프로젝트, 산업기술 알키미스트와 동일한 효과가 발현된다고 보기 어려우나 유사한 사업에서 예상되는 비용대비 저비용으로 동등한 효과를 창출해내고자 하는 도전적인 목표 측면에서 접근

  * 동 사업은 원천성에 집중된 R&D 사업으로 기초연구성과를 창출해내는 기반으로서 당위성 확보

< 고정비용 비교검토 >

(단위: 억 원)

구분	사업비 (현가)	과제 수	과제당 단가 (현가)
동 사업	4,906	45 (주제)	109.0
산업기술 알키미스트	3,471	16	216.9
ImPACT	6,672	16	417.0
Moonshot 프로젝트	8,801	25	352.0

- (고정효과분석) 비교대상 사업과 동일비용 투입 가정 시, 동 사업의 성과지표 중 하나인 삼극특허 건수는 10억원당 0.025건으로 추정

< 동 사업의 예상예상 비교 >

사업명	삼극특허 (10억원 당)	우수특허 비율 (전체)	mrnif 평균	기술이전 금액 (10억원 당)
정부 R&D 전체	0.016	4.2%	68.51	-
정부 기초연구개발사업	0.024		69.22	-
(과기부) 글로벌 프론티어 사업	-		-	0.37
(과기부) 과학난제도전 융합연구개발	-		80	-
(산업부) 산업기술 알키미스트 프로젝트	0.029		-	-
한계도전R&D프로젝트	0.025	5.07%	80	0.4

* 글로벌프론티어는 '23년 성과발표를기준으로 작성

* 산업기술알키미스트 프로젝트, 과학난제도전 융합연구개발은 '23년도 전략계획서 기준으로 설정

4 파급효과 및 기대효과

❑ 파급효과

❍ 동 사업은 경제·사회적 패러다임을 바꿀 수 있는 과학기술적 파급효과가 매우 큰 변혁적 기술개발을 목표, 산·학·연으로의 넓은 범위의 파급력을 기대

- 사업 시행을 통해 유발될 수 있는 생산유발액과 부가가치유발액은 12,222억 원, 5,818억 원으로 나타났으며, 고용유발은 6,154명, 취업유발은 7,464명으로 나타남

➡ 동 사업의 창출 성과는 타 산업 및 기술 분야로의 확산이 기대되는 변혁적 기술로 단순 예산 투입으로 도출된 파급효과보다 더 높고 넓은 범위의 파급효과가 기대됨

< 동 사업의 경제적, 사회적 파급효과 >

(단위: 억 원, 명)

구분	경제적		사회적	
	생산유발효과	부가가치유발효과	고용유발효과	취업유발효과
전문, 과학 및 기술 서비스	12,222	5,818	6,154	7,464

- 동 사업의 성과를 과학기술 발전의 마중물로 활용하여 다양한 과학기술 분야와 산업 분야 등에서 패러다임 전환이 일어날 것으로 예측되며 글로벌 시장 선도 및 기술 패권 경쟁에서의 우위 선점 예상

➟ 유연하고 자율적인 선진 R&D 연구 문화를 경험·수행함에 따라 기존 연구개발의 문제점으로 지적된 위험회피 문화, 관료주의, 단기성과 위주의 평가제도에서 벗어나 도전적인 아이디어 창출, 실패에 대한 관용 등을 동 사업 이후의 타 연구에서도 발휘하여 자율적이고 축적 지향적인 R&D 문화를 확산할 것으로 기대

➟ 도전·혁신적 연구 문화 정착 및 확산은 연구원의 혁신성 향상과 도전성을 요구하는 연구로 인해 글로벌 협력 연구 및 국내외 연구원들의 교류 증가가 이루어질 것으로 기대

➟ 창출 성과는 경제·사회적 파급력 높은 기술일 것이며 혁신성 높은 도전적 연구로 실패한 과제에서도 지식 축적을 통해 새로운 연구 및 성과창출로 발전할 가능성이 높음

❑ 기대효과

❍ (과학기술적) 임무지향적 HRHR(High Risk High Return) R&D 수행을 위하여 실패를 용인하는 도전·혁신적인 연구개발 체계 구축 및 문화 정착

- 난제 해결을 목표로 하는 도전적 임무 설정을 통한 R&D 수행으로 제도·행태적 고착에 당면했던 국가연구개발사업을 유연하고 선도적인 R&D 시스템으로 전환 기대

- 도전적 R&D 환경 조성 및 정착을 통하여 미래 경쟁력 확보를 위한 연구 축적의 선순환구조 구축하고 혁신적 아이디어 연구의 단절을 방지

- 변혁적 기술개발로 글로벌 기술 패권 경쟁 우위 선점 및 기존 연구개발 패러다임 전환을 통한 혁신생태계 구축

❍ (사회적) 융합형 인재양성 및 전문가 네트워크 구축으로 과학기술 분야의 융복합 촉진

- 연구 분야의 전문가들과의 의사소통 역할을 수행하는 책임PM을 통하여 분야별 다양한 네트워크를 구축하고 급변하는 기술 트렌드에 맞춘 다양한 기술분야의 연구원으로 구성된 연구팀 운영으로 융합형 전문가 그룹 양성

❍ (정책적) 변혁적 기술 확보를 목표로 정부와 민간 역량을 결집, 과학기술 선도국 도약

- 실패 가능성이 높으나 파급효과가 큰 연구개발 수행을 위한 산·학·연 전문가들의 역량 결집과 연구 저변 확대 예상

- 기 추진 되었으나 기존 R&D 시스템 체계에서 수행됨에 따라 도전적 연구개발에 어려움이 있었던 타 혁신·도전 사업군의 마중물 역할로 활용 가능

목 차

1장. 연구개요 ····· 1

1절. 사업 추진 배경 및 필요성 ····· 3

2절. 사업 추진 근거 ····· 21

2장. 국내 R&D 현황 및 분석 ····· 31

1절. 국내 R&D 현황 분석 ····· 33

2절. 국내 R&D 문제점 ····· 70

3절. 국내 R&D 시사점 ····· 94

3장. 대내외 여건 분석 ····· 97

1절. 대내외 환경변화 분석 ····· 99

2절. 국내외 과학기술 투자 및 정책 동향 ····· 128

3절. 도전·혁신형 R&D 추진 동향 ····· 153

4절. DARPA 벤치마킹 요소 분석 ····· 206

4장. 신규 사업설계 분석 ····· 217

1절. 개요 ····· 219

2절. 국내 과학기술 혁신 체계의 당면 현안 ····· 222

3절. 문제/이슈 선정의 적정성 검토 ····· 231

4절. 문제/이슈에 대한 선택 ····· 237

5장. 사업 기본방향 수립 ····· 245

1절. 사업 비전 및 추진 체계 ····· 247

2절. 사업 구성 및 규모 ····· 252

3절. 사업 세부 운영 방안(안) ····· 258

4절. 성과 관리 지표 설정 방안 ····· 294

6장. 세부 연구 주제 도출(예시) ····· 321

1절. 미래를 여는 물질 분야 연구주제 도출 ····· 328

2절. 지속가능한 지구 분야 연구주제 도출 ····· 331

3절. 디지털 웰 · 빙 케어 분야 연구주제 도출 ····· 336

4절. 혁신첨단융합 분야 연구주제 도출 ····· 340

5절. 스마트안전 분야 연구주제 도출 ····· 354

6절. 최종 연구분야별 세부 과제 도출(예시) ····· 357

7장. 사업 타당성 분석 ····· 389

1절. 과학기술적 타당성 분석 ····· 391

2절. 정책적 타당성 분석 ····· 420

3절. 경제적 타당성 분석 ····· 435

4절. 파급효과 및 기대효과 분석 ····· 448

별첨 자료. ····· 455

1. 한계도전 R&D 운영규정 훈령 제정(안) ····· 457

2. 한계도전 R&D 사업관리 매뉴얼(안) ····· 463

표 목 차

<표 1-1> 100대 사건 중 과학기술 관련 주요 사례 ····· 3
<표 1-2> 한국과학기술기획평가원장 인터뷰(`21.03.26) ····· 3
<표 1-3> 문제 해결을 위해 필요한 핵심기술 ····· 4
<표 1-4> 미, 중, 한의 연구개발비 비교 ····· 5
<표 1-5> 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황 ····· 6
<표 1-6> 비선형적인 기술 변혁 ····· 7
<표 1-7> 새로운 프론티어로 가는 기술 혁신 ····· 7
<표 1-8> 변혁적 기술(Transformative Technology)의 사례 ····· 8
<표 1-9> 주요국의 변혁적 연구 지원 프로그램 ····· 9
<표 1-10> 주요국 변혁적 기술 확보 지원 전담기관 설립 현황 ····· 9
<표 1-11> DARPA 조직 개요 ····· 9
<표 1-12> 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식 ····· 10
<표 1-13> 혁신적 연구가 지원되지 않고 위험회피주의(Conservatism)가 나타나는 이유 ····· 11
<표 1-14> 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교 ····· 11
<표 1-15> OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언 ····· 12
<표 1-16> 변혁적 기술의 특징 및 사례 ····· 13
<표 1-17> 변혁적 기술 확보 전략의 특징 ····· 13
<표 1-18> ARPA-E 프로그램의 목표관리(MINER 프로그램 사례) ····· 15
<표 1-19> ARPA-E의 기술 발전 분야 ····· 16
<표 1-20> ARPA-E.의 연구관리(PD 주도) 프로세스 ····· 16
<표 1-21> 국내 HRHR 연구의 참신성/과학적 영향력 수준 ····· 18
<표 1-22> 우리나라의 `23년도 세계혁신지수 ····· 18
<표 1-23> 세계 최고기술 보유 수준 ····· 19
<표 1-24> 경쟁형 R&D 기본 모델 ····· 20
<표 1-25> DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형 ····· 20
<표 1-26> 국내 도전혁신형 R&D 프로그램 비교 ····· 20
<표 1-27> 과학기술기본법 중 동사업 관련 내용 ····· 21
<표 1-28> 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법 중 동 사업 관련 내용 ····· 21
<표 1-29> 120대 국정과제 중 과제74의 주요 내용 ····· 22
<표 1-30> 2024년 과기정통부 연구개발사업 종합시행계획 중 동 사업 관련 주요 내용 ····· 24
<표 1-31> 2025년 국가연구개발 투자방향 및 기준(안) 중 동 사업 관련 주요 내용 ····· 25
<표 1-32> 2023년 과학기술정보통신부 업무보고 중 동 사업 관련 주요 내용 ····· 26
<표 1-33> 국가 R&D 혁신 방안 중 동 사업 관련 주요 내용 ····· 26
<표 1-34> 사업 기획회의 경과 현황(`22~) ····· 28

〈표 1-35〉 동 사업 기획회의 경과 현황 ····28
〈표 1-36〉 사업 총괄위원회 현황 ····28
〈표 2-1〉 전체대상 관련 논문 · 특허 지표 분석 결과 ····33
〈표 2-2〉 국내 도전혁신형 R&D 현황 ····34
〈표 2-3〉 기초연구개발 단계 연구개발비 현황 ····35
〈표 2-4〉 9대 기술분야별 R&D 투자 현황(`22~`23) ····35
〈표 2-5〉 2024년도 R&D 분야 재정투자 계획 ····38
〈표 2-6〉 2024년도 R&D 분야 재정투자 계획 ····38
〈표 2-7〉 2024년도 R&D 분야 부처별 예산안 현황 ····39
〈표 2-8〉 2024년도 과기정통부 연구개발사업 종합시행계획 적용대상 사업 ····39
〈표 2-9〉 우리나라 수행주체별, 단계별 연구개발비 추이 ····40
〈표 2-10〉 2022년도 국가연구개발사업 성과 총괄표 ····43
〈표 2-11〉 2022년도 세부과제 지원유형별 연구개발사업 집행 규모 ····44
〈표 2-12〉 과제 수와 과제당 연구비 추이 ····44
〈표 2-13〉 기초연구개발사업 투자금액 ····44
〈표 2-14〉 최근 5년(`18~`22)간 국가연구개발사업 SCIE 논문성과 현황 ····45
〈표 2-15〉 최근 5년(`18~`22)간 국가연구개발사업 국내등록 특허 성과 현황 ····47
〈표 2-16〉 등록특허 성과의 질적 수준 ····48
〈표 2-17〉 최근 5년(`18~`22)간 국가연구개발사업 기술료 징수액 성과 현황 ····49
〈표 2-18〉 최근 5년(`18~`22)간 국가연구개발사업 사업화 성과 현황 ····50
〈표 2-19〉 한국연구재단 국책연구본부 R&D 사업 전체 협약 금액 ····51
〈표 2-20〉 한국연구재단 국책연구본부 R&D 사업 총 투자 현황 ····51
〈표 2-21〉 국책연구본부 인력 ····52
〈표 2-22〉 프로그램별 기술성숙도(TRL) 단계별 현황 및 연도별 현황 ····52
〈표 2-23〉 2021년 과기정통부 주요 R&D 사업의 연구비 10억 원당 창출성과 실적 ····53
〈표 2-24〉 최근 5년(`17~`21) SCI논문 게재 현황 및 질적 수준 분석 ····53
〈표 2-25〉 최근 5년(`17~`21) 국내 특허출원 · 등록 현황 ····54
〈표 2-26〉 최근 5년(`17~`21) 국외 특허출원 · 등록 현황 ····54
〈표 2-27〉 특허 SMART 분석 결과 ····54
〈표 2-28〉 2021년 사업화 형태 ····55
〈표 2-29〉 공공연구기관 종류 ····59
〈표 2-30〉 공공 연구소와 대학 현황 ····59
〈표 2-31〉 연구수행 주체별 학위별 연구원 분포 ····59
〈표 2-32〉 2022년 기술이전 · 사업화 활동 및 운영비 투입 구성 ····61
〈표 2-33〉 연도별 기술이전 계약체결 건수 ····61
〈표 2-34〉 2022년 기술도입자 유형별 기술이전 계약 현황 ····62

<표 2-35> 연도별 이전된 기술 건수 ····62
<표 2-36> 2022년 기술도입자 유형별, 기술분야별 이전기술 건수 현황 ····62
<표 2-37> 2022년도 공공연구기관의 신규확보기술 및 기술이전 현황 ····63
<표 2-38> 연도별 기술이전 수입액 ····63
<표 2-39> 연도별 기술이전 수입액 ····63
<표 2-40> 기술수준평가 대상 기술분야별 중점과학기술 수 ····65
<표 2-41> 주요 5개국 전체대상기술 기술수준·격차 현황 ····65
<표 2-42> 주요 5개국 전체대상기술 11대 분야별 수준·격차 비교 ····66
<표 2-43> 주요 5개국 전체대상기술 관련 논문·지표 분석 결과 ····66
<표 2-44> 주요 5개국 국가전략기술 기술수준·격차 현황 및 기술수준 구간별 현황 ····67
<표 2-45> 주요 5개국 국가전략기술 12대 분야별 수준·격차 비교 ····67
<표 2-46> 연구개발 활동 경향 및 연구단계별 역량 ····68
<표 2-47> 핵심 및 신흥기술 분야 최고기술 보유국 ····69
<표 2-48> ASPI 정책 권장사항 중 문샷(moonshots, big ideas) 주요 내용 ····69
<표 2-49> 사업수요조사 응답자 현황 ····70
<표 2-50> (1차) 응답자 정보 및 일반 문항 (사업 유형 중복 응답) ····71
<표 2-51> (1차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답) ····71
<표 2-52> (1차) 도전혁신형 사업 추진 시 고려해야 할 중요 요소 (중복 응답) ····72
<표 2-53> (1차) 도전·혁신형 R&D 추진 방해 요소 (중복 응답) ····73
<표 2-54> (1차) 국가연구개발사업 과제 기획의 문제점 ····73
<표 2-55> (1차) 국가연구개발사업 과제 기획 문제해결 필요성 ····74
<표 2-56> 기존 국가연구개발사업 기획에 있어 문제점 관련 설문 응답자 의견 ····74
<표 2-57> (1차) 국가연구개발사업 과제 관리의 문제점 ····75
<표 2-58> (1차) 국가연구개발사업 과제 관리 문제해결 필요성 ····75
<표 2-59> 기존 국가연구개발사업 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견 ····76
<표 2-60> (1차) 국가연구개발사업 성과 관리의 문제점 ····76
<표 2-61> (1차) 국가연구개발사업 성과 관리 문제해결 필요성 ····77
<표 2-62> 기존 국가연구개발사업 성과 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견 ····77
<표 2-63> (1차) DARPA 벤치마킹 중요 요소 ····78
<표 2-64> (2차) 응답자 정보 및 일반 문항 (사업 유형 중복 응답) ····79
<표 2-65> (2차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답) ····79
<표 2-66> (2차) 도전혁신형 사업 추진 시 고려해야 할 중요 요소 (중복 응답) ····80
<표 2-67> (2차) 도전·혁신형 R&D 추진 방해 요소 (중복 응답) ····81
<표 2-68> (2차) 국가연구개발사업 과제 기획의 문제점 ····81
<표 2-69> (2차) 국가연구개발사업 과제 기획 문제해결 필요성 ····82
<표 2-70> (2차) 기존 국가연구개발사업 기획에 있어 문제점 관련 설문 응답자 의견 ····82

<표 2-71> (2차) 국가연구개발사업 과제 관리의 문제점 ····· 83
<표 2-72> (2차) 국가연구개발사업 과제 관리 문제해결 필요성 ····· 83
<표 2-73> (2차)기존 국가연구개발사업 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견 ····· 84
<표 2-74> (2차) 국가연구개발사업 성과 관리의 문제점 ····· 84
<표 2-75> (2차) 국가연구개발사업 성과 관리 문제해결 필요성 ····· 85
<표 2-76> (2차) 기존 국가연구개발사업 성과 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견 ····· 85
<표 2-77> (2차) DARPA 벤치마킹 중요 요소 ····· 86
<표 2-78> 사업수요조사 응답자 현황 ····· 87
<표 2-79> (1차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답) ····· 87
<표 2-80> (2차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답) ····· 87
<표 2-81> 도전·혁신형 사업 추진 시 고려해야 할 중요 요소 (중복 응답) ····· 88
<표 2-82> 도전·혁신형 R&D 추진 방해 요소 (중복 응답) ····· 88
<표 2-83> 국가연구개발사업 과제 기획의 문제점 ····· 89
<표 2-84> 국가연구개발사업 과제 기획 문제해결 필요성 ····· 89
<표 2-85> 국가연구개발사업 과제 관리 기획의 문제점 ····· 90
<표 2-86> 국가연구개발사업 과제 관리 문제해결 필요성 ····· 90
<표 2-87> 국가연구개발사업 성과 관리 기획의 문제점 ····· 91
<표 2-88> 국가연구개발사업 성과 관리 문제해결 필요성 ····· 91
<표 2-89> DARPA 벤치마킹 중요 요소 ····· 92
<표 3-1> STEEP 분석의 영역별 변수 (예시) ····· 99
<표 3-2> STEEP 분석 프로세스 ····· 100
<표 3-3> 메가트렌드 분석 대상 ····· 101
<표 3-4> 사회 부문 분석 ····· 112
<표 3-5> 기술 부문 분석 ····· 112
<표 3-6> 경제 부문 분석 ····· 113
<표 3-7> 자연환경 부문 분석 ····· 113
<표 3-8> 정치 부문 분석 ····· 113
<표 3-9> 가트너 선정 2024년 주목하는 10대 전략기술 트렌드 ····· 114
<표 3-10> MIT 테크놀로지 리뷰 선정 2024년 10대 혁신 기술 ····· 115
<표 3-11> WEF 선정 2023년 10대 미래유망기술 ····· 116
<표 3-12> KISTEP 선정 10대 미래유망기술 ····· 117
<표 3-13> KISTEP 10대 과학기술정책 아젠다 ····· 117
<표 3-14> KISTI 선정 10대 미래유망기술 ····· 118
<표 3-15> MIT 테크놀로지 리뷰 선정 10대 혁신 기술 ····· 120
<표 3-16> 가트너 선정 10대 혁신 기술 ····· 121
<표 3-17> 세계경제포럼 선정 10대 혁신 기술 ····· 122

〈표 3-18〉 KISTEP 선정 10대 미래유망기술 ····· 123
〈표 3-19〉 KISTI 선정 10대 미래유망기술 ····· 124
〈표 3-20〉 미국 경쟁법안(ACA)와 혁신경쟁법안(USICA) 중 관련 주요 내용 ····· 129
〈표 3-21〉 America COMPETES act 관련 주요 법안 ····· 130
〈표 3-22〉 America COMPETES act 제정 및 개정이력 ····· 131
〈표 3-23〉 Endless Frontier act의 주요 내용 ····· 131
〈표 3-24〉 NIH Reform Act 주요 내용 ····· 132
〈표 3-25〉 NIH Reform Act 주요 내용 ····· 133
〈표 3-26〉 중점과제별 내용과 지원자금 ····· 136
〈표 3-27〉 유럽 연구혁신 위원회 7대 과업 ····· 137
〈표 3-28〉 독일 미래전략 주요 내용 ····· 138
〈표 3-29〉 하이테크전략 2025의 3대 전략의 기본방향 ····· 139
〈표 3-30〉 영국 UKRI 기관계획 주요 내용 ····· 140
〈표 3-31〉 영국 과학혁신기술부의 과학기술 프레임워크 10가지 핵심 조치 주요 내용 ····· 141
〈표 3-32〉 제6기 과학기술 · 혁신기본계획(2021 ~ 2025) 주요 내용 ····· 142
〈표 3-33〉 일본 통합혁신전략 2023의 주요 내용 ····· 143
〈표 3-34〉 종합 이노베이션 전략 2021 중점 정책: 제6기 기본계획 및 Society 5.0의 구체화 ····· 145
〈표 3-35〉 일본 정부 주도 임무중심형 연구개발 프로그램 ····· 145
〈표 3-36〉 미래산업 혁신발전 촉진 실시방안 주요 내용 ····· 147
〈표 3-37〉 중국 과학기술부 14차 5개년 과학기술 사업 관련 주요 내용 ····· 147
〈표 3-38〉 중국 14차 5개년 규획 기간 과학기술 키워드 및 주요 정책 ····· 149
〈표 3-39〉 국내 과학기술 관련 투자 방향 ····· 150
〈표 3-40〉 미국 DARPA 조직 ····· 153
〈표 3-41〉 미국 DARPA 운영 전략 ····· 154
〈표 3-42〉 DARPA 사업 공고의 종류 및 목적 ····· 155
〈표 3-43〉 DARPA의 BAA 방식 단계별 주요 내용 ····· 155
〈표 3-44〉 미국 DARPA 추진 프로그램(2024년 4월 기준) ····· 157
〈표 3-45〉 미국 HSARPA의 주요 부서 및 기능 ····· 160
〈표 3-46〉 하일마이어 문답 ····· 161
〈표 3-47〉 ARPA-E의 지향 가치 ····· 162
〈표 3-48〉 미국 ARPA-E의 기술-시장(T2M) ····· 163
〈표 3-49〉 ARPA-E 특징 ····· 163
〈표 3-50〉 ARPA-E 프로그램 개발 및 실행 프로세스 및 추진 단계 ····· 165
〈표 3-51〉 프로그램 생성, 프로젝트 선택 및 수행자 관리를 위한 ARPA-E의 내부 프로세스 ····· 165
〈표 3-52〉 ARPA-E 평가 지표 및 배분 ····· 166
〈표 3-53〉 `24년 시설된 미국 ARPA-E 추진 프로그램(2024년 4월 기준) ····· 166

〈표 3-54〉 ARPA-E의 새로운 프로그램 발표 평가 체크리스트 ····168
〈표 3-55〉 ARPA-E 개념제안서 검토 프로세스 ····169
〈표 3-56〉 미국 ARPA-H의 설립 목적 ····171
〈표 3-57〉 미국 ARPA-H 추진 프로그램 ····171
〈표 3-58〉 호라이즌 유럽의 특징 주요 내용 ····172
〈표 3-59〉 유럽연합의 호라이즌 유럽 주요 내용 ····172
〈표 3-60〉 ERC 연구지원 프로그램 ····174
〈표 3-61〉 영국 ARIA 추진 프로그램 ····175
〈표 3-62〉 독일 SPRIN-D Challenges 프로그램 분야(`24) ····177
〈표 3-63〉 독일 SPRIN-D 프로젝트 지원 내용 ····178
〈표 3-64〉 독일 SPRIN-D 추진 프로젝트 ····178
〈표 3-65〉 SPRIN-D 자유법 관련 주요 내용 ····179
〈표 3-66〉 SPRIN-D Project-GmbH 불연속 혁신 점검사항 ····179
〈표 3-67〉 SPRIN-D Project-GmbH 프로젝트 선별과정 ····180
〈표 3-68〉 일본 문샷(Moonshot) 연구개발도 10대 목표 ····181
〈표 3-69〉 일본 문샷(Moonshot) 운영방식 및 연구추진체계 ····182
〈표 3-70〉 일본 moonshot 추진 프로젝트 (2024년 4월 기준) ····183
〈표 3-71〉 PM의 선정 절차 및 역할 ····188
〈표 3-72〉 일본 ImPACT의 테마 ····188
〈표 3-73〉 일본 ImPACT 세부 프로그램 ····189
〈표 3-74〉 미래사회창조사업 중점 추진 영역 및 흐름 ····190
〈표 3-75〉 글로벌 주요국들의 임무중심형 R&D 사업 ····192
〈표 3-76〉 주요 혁신적 · 도전적 R&D 개념 ····193
〈표 3-77〉 파괴적 혁신기술형 관련 주요 내용 ····193
〈표 3-78〉 산업기술 알키미스트 프로젝트 주요 내용 ····201
〈표 3-79〉 프로그램 관리자 역할 ····206
〈표 3-80〉 ARPA-E의 기술사업화(Technology to market)팀의 주요 내용 ····208
〈표 3-81〉 NSF의 Lab to Market platform 주요 내용 ····208
〈표 3-82〉 DARPA 소재 자료 ····209
〈표 3-83〉 Heilmeier Questions ····209
〈표 3-84〉 DARPA를 벤치마킹한 사례 ····211
〈표 3-85〉 기술 발전 속도 ····212
〈표 4-1〉 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황 ····219
〈표 4-2〉 주요국의 변혁적 연구 지원 프로그램 ····220
〈표 4-3〉 주요국 변혁적 기술 확보 지원 전담기관 설립 현황 ····220
〈표 4-4〉 OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언 ····221

〈표 4-5〉 기술 변혁을 통한 한계돌파 시기 ····222
〈표 4-6〉 변혁적 기술(Transformative Technology)의 사례 ····222
〈표 4-7〉 주요 혁신 · 도전적 R&D 개념 ····223
〈표 4-8〉 혁신도전형 R&D 사업중 혁신임무형 사업 ····223
〈표 4-9〉 혁신적 연구가 지원되지 않고 위험회피주의(Conservatism)가 나타나는 이유 ····225
〈표 4-10〉 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교 ····226
〈표 4-11〉 OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언 ····227
〈표 4-12〉 변혁적 기술의 특징 및 사례 ····227
〈표 4-13〉 변혁적 기술 확보 전략의 특징 ····228
〈표 4-14〉 ARPA-E 프로그램의 목표관리(MINER 프로그램 사례) ····229
〈표 4-15〉 ARPA-E의 기술 발전 분야 ····230
〈표 4-16〉 ARPA-E.의 연구관리(PD 주도) 프로세스 ····230
〈표 4-17〉 국내 도전 · 혁신형 R&D 현황 ····231
〈표 4-18〉 국내외 도전 · 혁신형 R&D 분야 ····232
〈표 4-19〉 한국연구재단의 유사 원천기술개발 사업 과제 당 연평균 지원금액 ····234
〈표 4-20〉 DARPA의 테마당 PM 및 지원 인원 ····235
〈표 4-21〉 ARPA-E의 프로젝트 예산 ····236
〈표 4-22〉 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식 ····236
〈표 4-23〉 혁신도전형 체계와 우리 R&D 체계 비교 분석 ····238
〈표 4-24〉 도출된 연구분야별 연구주제(안) ····240
〈표 5-1〉 추진체계 주체별 역할 및 책임 ····248
〈표 5-2〉 한계도전전략센터 추진 체계 ····250
〈표 5-3〉 운영지원조직 내 팀 구성(안) ····251
〈표 5-4〉 T2I지원조직 내 팀 구성(안) ····251
〈표 5-5〉 공개된 DARPA의 주요 프로젝트 예산 ····252
〈표 5-6〉 해외 도전 · 혁신형 R&D 사업 규모 ····253
〈표 5-7〉 국내 혁신 · 도전형 R&D 사업 규모 ····254
〈표 5-8〉 유사한 한국연구재단 원천기술개발사업의 과제 당 연평균 지원 규모 ····254
〈표 5-9〉 동 사업 R&D 과제 유형 ····255
〈표 5-10〉 동 사업 지원 규모 ····256
〈표 5-11〉 분야당 연차별 과제 수 ····256
〈표 5-12〉 동 사업 연구분야별 지원 규모 ····257
〈표 5-13〉 사업추진 프로세스 ····258
〈표 5-14〉 한국연구재단 국책사업 프로세스와의 비교 · 분석 ····264
〈표 5-15〉 책임PM 주요 덕목 ····265
〈표 5-16〉 책임PM 선정 시 고려 사항(안) ····266

〈표 5-17〉 책임PM 선정 추진 절차(안) ····266
〈표 5-18〉 책임PM이 준수해야할 주요 윤리 규정 ····268
〈표 5-19〉 DARPA의 PM 교육 및 네트워킹 ····269
〈표 5-20〉 한계도전 PM 스쿨 운영(안) ····269
〈표 5-21〉 한계도전 인재 스쿨 운영(안) ····270
〈표 5-22〉 DARPA의 소규모 탐색적 Seedling 프로그램(사례) ····270
〈표 5-23〉 한국연구재단 원천기술PM과 한계도전 R&D의 관리 비교 ····271
〈표 5-24〉 책임PM 주도의 연구기획 프로세스 ····272
〈표 5-25〉 연구주제 발굴을 위한 문제접근 방식 ····272
〈표 5-26〉 연구주제 설정을 위한 프레임워크 ····272
〈표 5-28〉 연구과제 기획 프로세스 ····273
〈표 5-29〉 연구주제발굴자문단 구성 및 운영시 고려사항 ····276
〈표 5-30〉 연구주제발굴자문단 구성(안) 및 역할 ····276
〈표 5-31〉 연구과제 선정평가를 위한 프로세스 ····277
〈표 5-32〉 한계도전 R&D 과제 선정을 위한 1차 평가 기준 ····277
〈표 5-33〉 한계도전 R&D 과제 선정을 위한 2차 평가 기준 ····278
〈표 5-34〉 과제 관리를 위한 평가 프로세스 ····279
〈표 5-35〉 단계평가 세부내용(안) ····280
〈표 5-36〉 단계평가 시, 점수 부여 및 등급 부여(예시) ····280
〈표 5-37〉 최종평가 세부내용(안) ····281
〈표 5-38〉 최종평가 시, 절대 평가(안) ····281
〈표 5-39〉 도전적·혁신적 R&D 성과 지표 예시 ····283
〈표 5-40〉 Tech to Impact 지원 주요 내용 ····286
〈표 5-41〉 운영지원조직 지원 주요 내용 ····287
〈표 5-42〉 DARPA 참여 SETA 업체 수(`15년 기준) ····288
〈표 5-43〉 SETA의 주요 업무 ····289
〈표 5-44〉 SETA 평가 주요 내용 ····289
〈표 5-45〉 투명성 제고를 위한 주체 간 분리 방안 ····293
〈표 5-46〉 OECD 공기업 지배구조 가이드라인(2015)의 공시와 투명성 기준을 준수함 ····293
〈표 5-47〉 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정 ····297
〈표 5-48〉 성과 관리를 위한 지표 도출(안) ····299
〈표 5-49〉 천억 원당 삼극특허 생산 건수 ····308
〈표 6-1〉 MIT 테크놀로지 리뷰 선정 10대 혁신 기술 ····325
〈표 6-2〉 가트너 선정 10대 혁신 기술 ····325
〈표 6-3〉 세계경제포럼 선정 10대 혁신 기술 ····326
〈표 6-4〉 KISTEP 선정 10대 미래유망기술 ····326

〈표 6-5〉 KISTI 선정 10대 미래유망기술 ····· 327
〈표 6-6〉 미래를 여는 물질 분야 유망기술 조사 ····· 328
〈표 6-7〉 미래를 여는 물질 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안) ····· 330
〈표 6-8〉 지속가능한 지구 분야 미래유망 기술 ····· 331
〈표 6-9〉 지속가능한 지구 분야 연주주제 후보군 도출 결과(안) ····· 335
〈표 6-10〉 디지털 웰·빙 분야 미래유망 기술 ····· 336
〈표 6-11〉 디지털 웰·빙 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안) ····· 339
〈표 6-12〉 혁신첨단융합 분야 미래유망 기술 ····· 340
〈표 6-13〉 혁신첨단융합 분야 연주주제 후보군 도출 결과(안) ····· 351
〈표 6-14〉 스마트안전 분야 미래유망 기술 ····· 354
〈표 6-15〉 스마트안전 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안) ····· 356
〈표 6-16〉 도출된 연구분야별 연구주제(안) ····· 357
〈표 7-1〉 과학기술적 타당성 분석의 기본평가항목 구성 ····· 391
〈표 7-2〉 문제이슈 도출 ····· 392
〈표 7-3〉 핵심이슈 도출 ····· 393
〈표 7-4〉 SWOT 분석 ····· 394
〈표 7-5〉 추진 방향성 도출 ····· 395
〈표 7-6〉 문제인식 및 해결방안 ····· 398
〈표 7-7〉 2022년 과학기술 기술평가 결과 ····· 399
〈표 7-8〉 세계 최고 기술 개수 ····· 400
〈표 7-9〉 동 사업 논리모형 ····· 402
〈표 7-10〉 한계도전 R&D 프로젝트 연구 분야별 주제 도출 예시 ····· 404
〈표 7-11〉 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정 ····· 405
〈표 7-12〉 기술비지정방식 추진 근거 ····· 407
〈표 7-13〉 책임PM 주도의 연구기획 프로세스 ····· 408
〈표 7-14〉 사업수요조사 응답자 현황 ····· 410
〈표 7-15〉 연구주체 후보군 도출 예시 ····· 410
〈표 7-16〉 소요 인력 산출(누적) ····· 414
〈표 7-17〉 도전적·혁신적 R&D 성과 지표 예시 ····· 415
〈표 7-18〉 관리 지표 도출의 예시(네트워크 분석) ····· 415
〈표 7-19〉 추진전략 도출 ····· 417
〈표 7-20〉 과제 선정 및 기준 절차 ····· 418
〈표 7-21〉 동 사업 추진 체계 및 역할 ····· 419
〈표 7-22〉 정책적 타당성 분석의 평가항목 구성 ····· 420
〈표 7-23〉 제5차 과학기술기본계획 추진과제 중 관련 내용 ····· 421
〈표 7-24〉 동 사업의 상위계획과의 부합성 ····· 422

〈표 7-25〉 중복성 검토 대상사업 ····423
〈표 7-26〉 동 사업과 혁신도전 프로젝트 사업과의 차별성 분석 ····424
〈표 7-27〉 동 사업과 혁신도전프로젝트과의 비교 ····425
〈표 7-28〉 동 사업과 혁신도전 프로젝트 사업과의 차별성 분석 ····426
〈표 7-29〉 동 사업과 과학난제도전 융합연구개발사업 비교 ····427
〈표 7-30〉 동 사업과 혁신도전 프로젝트 사업과의 차별성 분석 ····428
〈표 7-31〉 동 사업과 한국형 ARPA-H 프로젝트와의 차별성 분석 ····429
〈표 7-32〉 동 사업과 알키미스트 프로젝트 사업과의 차별성 분석 ····430
〈표 7-33〉 동 사업과 알키미스트 프로젝트의 사업 비교 ····431
〈표 7-34〉 한계도전 R&D 프로젝트 지원 규모 ····432
〈표 7-35〉 2023~2027 분야별 재원배분 계획 ····433
〈표 7-36〉 2025~2034년 R&D 예산 전망을 통한 재원조달 전망 분석 ····433
〈표 7-37〉 한계도전 R&D 프로젝트 지원 규모 ····435
〈표 7-38〉 유사 원천기술개발 프로젝트별 지원 규모 ····436
〈표 7-39〉 한계도전 R&D 프로젝트 분야별 지원 규모 ····436
〈표 7-40〉 국내외 도전·혁신형 R&D의 예산 규모 비교 ····437
〈표 7-41〉 국내외 도전·혁신형 R&D의 단기(챌린지) 및 개념검증 과제 금액 ····437
〈표 7-42〉 국내외 도전·혁신형 R&D의 Scale-up 및 실현화 관련 과제 금액 ····437
〈표 7-43〉 경제성분석 방법론의 장·단점 ····438
〈표 7-44〉 비용효과분석을 위한 예상 분석지표 도출 ····440
〈표 7-45〉 동 사업과 ImPACT 사업과의 비용효과 분석 결과 ····441
〈표 7-46〉 동 사업과 ImPACT 사업과의 비용비교 ····442
〈표 7-47〉 천억 원당 삼극특허 예산 ····444
〈표 7-48〉 우수특허 목표비율 ····444
〈표 7-49〉 연구비 10억원 당 예상 성과 비교 ····445
〈표 7-50〉 동 사업 성과지표 ····446
〈표 7-51〉 산업유발계수 관련 주요 설명 ····448
〈표 7-52〉 전문, 과학 및 기술 서비스 분야 산업연관 계수 ····448
〈표 7-53〉 동 사업의 경제적, 사회적 파급효과 ····448

그 림 목 차

<그림 1-1> 국내 기술무역수지 (`09~`22) ····4
<그림 1-2> 한국 인구 피라미드 변화 전망 ····4
<그림 1-3> 한국 잠재성장률 추이 ····4
<그림 1-4> 미·중·유럽의 안보 분야별 전략 ····6
<그림 1-5> 기술 변혁을 통한 한계돌파 시기 ····7
<그림 1-6> 변혁적 기술 포지셔닝 ····8
<그림 1-7> DARPA, ARPA-E 등 변혁적 기술 확보 프로그램 개념도 ····10
<그림 1-8> OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해 ····12
<그림 1-9> 주요 용어의 관계 ····14
<그림 1-10> DARPA의 포트폴리오 관리방식 ····14
<그림 1-11> 우리나라의 혁신정책 및 연구개발사업 추진 경과 ····17
<그림 1-12> 주요국 총 연구 R&D 및 GDP 대비 비중 ····17
<그림 1-13> 한국 SCI 논문 수 및 점유율 추이 ····17
<그림 1-14> 제5차 과학기술기본계획 비전 및 전략 ····23
<그림 1-15> 2024년 과기정통부 4대 추진전략 및 12대 핵심과제 중 관련 주요 내용 ····24
<그림 1-16> 혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안 개요도 ····25
<그림 1-17> 국가 R&D 혁신의 목표 및 전략 ····27
<그림2-1> 한국 총 R&D비 및 GDP 대비 비중 추이 ····35
<그림2-2> 국가별 R&D비 및 GDP 대비 비중 비교 ····35
<그림2-3> 주요국 재원별 연구개발비 비중 ····36
<그림2-4> 우리나라 재원별 연구개발비 ····36
<그림2-5> 우리나라 연구수행주체별 연구개발비 ····36
<그림2-6> 우리나라 기업유형별 연구개발비 추이 ····37
<그림2-7> 우리나라 주요 산업의 연구개발비 추이 ····37
<그림2-8> 정부 R&D 투자 추이 ····38
<그림2-9> 우리나라 연구개발단계별 연구개발비 ····40
<그림2-10> 우리나라 연구개발단계별 연구개발 비중 ····40
<그림2-11> 최근 5년간(`18~`22) 국가연구개발사업 성과 현황 ····42
<그림2-12> 최근 10년간 R&D 예산과 R&D 성과 추이 ····43
<그림2-13> 세부과제 지원유형별 집행 추이 ····44
<그림2-14> 연구개발단계별 집행 추이 ····44
<그림2-15> 부처별 연구단계별 논문 비중 현황 ····45
<그림2-16> 연구개발단계별 논문 성과 건수와 비중 추이 ····45
<그림2-17> 연구개발단계별 SCIE논문 1편당 피인용 수 ····46

〈그림2-18〉 연구개발단계별 mrnIF ····46
〈그림2-19〉 연구개발단계별 국내 출원특허 건수 및 비중 ····46
〈그림2-20〉 연구개발단계별 국내 등록특허 건수 및 비중 ····46
〈그림2-21〉 연구개발단계별 해외 출원특허 건수 및 비중 ····47
〈그림2-22〉 연구개발단계별 해외 등록특허 건수 및 비중 ····47
〈그림2-23〉 연구개발단계별 기술료 징수 건수 및 비중 ····49
〈그림2-24〉 연구개발단계별 기술료 징수액 및 비중 ····49
〈그림2-25〉 부처별 사업화 성과 추이(`21~`22) ····49
〈그림2-26〉 연구개발단계별 사업화 건수 및 비중 ····49
〈그림2-27〉 주요국 연구수행주체별 연구원 비율(상근상당 연구원 기준) ····57
〈그림2-28〉 우리나라 연구원 1인당 연구개발비 추이 ····57
〈그림2-29〉 주요국의 연구원 1인당 연구개발비 ····57
〈그림2-30〉 연구수행주체별 학위별 연구원 분포 ····58
〈그림2-31〉 연구원 1인당 연구개발비 추이 국제비교 ····58
〈그림2-32〉 연구원 1인당 연구개발비 국제비교 ····58
〈그림2-33〉 연도별 기술이전율 ····62
〈그림 3-1〉 미 NIH 사업구조의 변화 ····132
〈그림 3-2〉 미 NIH Common Fund 선정 기준 ····133
〈그림 3-3〉 유럽 연구혁신 위원회 주요 과업 ····136
〈그림 3-4〉 제6기 과학기술·이노베이션 기본계획의 Society5.0 ····144
〈그림 3-5〉 중국의 과학기술혁신강국 건설 단계별 목표 ····148
〈그림 3-6〉 DARPA의 Project pool 관리방식 ····156
〈그림 3-7〉 ARPA-E 공백 전략 ····164
〈그림 3-8〉 ARPA-E 마일스톤 변경 ····164
〈그림 3-9〉 일본 Moon-shot 프로젝트의 경쟁형 R&D 운영 방식 ····183
〈그림 3-10〉 일본 ImPACT의 R&D 프로그램 추진 체계 및 단계 ····187
〈그림 3-11〉 STEAM 연구사업(미래유망융합기술파이오니어) 지원 분야 ····194
〈그림 3-12〉 STEAM 연구사업 지원 분야 ····197
〈그림 3-13〉 알키미스트 프로젝트 목표 및 방식 ····200
〈그림 3-14〉 고위험·고부가가치 연구 지원 분류(OECD) ····202
〈그림 3-15〉 한국형 ARPA-H의 미션에 따른 미래상 ····203
〈그림 3-16〉 한국형 ARPA-H 프로세스 ····203
〈그림 3-17〉 한국형 ARPA-H 프로세스 추진체계 ····204
〈그림 3-18〉 국외 혁신도전형 사업의 주요 주제 선정 현황 ····205
〈그림 3-19〉 DARPA의 SBIR/STTR 프로세스 ····207
〈그림 4-1〉 변혁적 기술 포지셔닝 ····221

〈그림 4-2〉 DARPA, ARPA-E 등 변혁적 기술 확보 프로그램 개념도 ····225
〈그림 4-3〉 OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해 ····226
〈그림 4-4〉 주요 용어의 관계 ····228
〈그림 4-5〉 DARPA의 포트폴리오 관리방식 ····229
〈그림 4-6〉 한계도전 R&D 프로젝트 한계도전전략센터 구축 방향 ····231
〈그림 4-7〉 동 사업 추진 방향성 ····237
〈그림 5-1〉 사업 비전 및 추진 체계도 ····247
〈그림 5-2〉 동 사업 추진체계 ····248
〈그림 5-3〉 한계도전전략센터 추진체계 ····250
〈그림 5-4〉 동 사업 기획 및 연구과제 도출 과정 ····252
〈그림 5-5〉 책임PM의 스케일업 진행 과정 ····286
〈그림 5-6〉 한계도전프로젝트 관리지표 Framework 방향 ····294
〈그림 5-7〉 평가목적에 R&D유형에 고려한 특정평가 추진 프레임워크: 사업단위 ····295
〈그림 5-8〉 한계도전R&D프로젝트 관리지표 Framework 설정(안) ····298
〈그림 5-9〉 연구목표 도출에 따른 도전적 · 혁신적 R&D 성과지표 도출(예시) ····298
〈그림 6-1〉 연구분야 도출 프로세스 ····323
〈그림 6-2〉 미래유망기술 조사 · 분석을 통한 연구분야 도출 ····324
〈그림 6-3〉 한계도전전략센터의 ABCD 문제발굴 네비게이터 연구주제 도출 시스템 ····357
〈그림 6-4〉 미래를 여는 물질 분야 후보과제 도출(안) ····361
〈그림 6-5〉 지속 가능한 지구 분야 후보과제 도출(안) ····366
〈그림 6-6〉 디지털 웰빙 분야 후보과제 도출(안) ····371
〈그림 6-7〉 혁신 첨단 융합 분야 후보과제 도출(안) ····376
〈그림 6-8〉 스마트 안전 분야 후보과제 도출(안) ····381
〈그림 7-1〉 메가트렌드 분석을 통한 연구분야 도출 ····409
〈그림 7-2〉 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정 ····414
〈그림 7-3〉 동 사업의 포지셔닝 ····424

제1장. 연구개요

1.1 사업 추진 배경 및 필요성

1.2 사업 추진 근거

1장. 연구개요

1절. 사업 추진 배경 및 필요성

1 사업 추진 배경

미래 기술주권 확보를 위한 기술 패권경쟁 진행 중

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

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

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

<표 1-1> 100대 사건 중 과학기술 관련 주요 사례

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

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

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

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

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

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

<표 1-2> 한국과학기술기획평가원장 인터뷰('21.03.26)

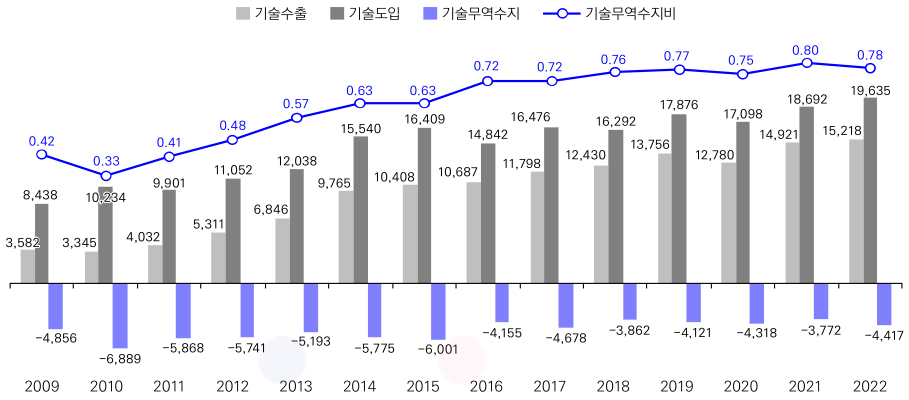
인터뷰 주요 내용
• 최근 지구촌이 당면하고 있는 각종 문제 뒤에는 예외 없이 과학기술이 있습니다. 미·중 간 5G, 반도체, AI 등 첨단기술을 중심으로 한 기술패권전쟁, 산불, 폭염, 홍수, 태풍, 지진, 가뭄, 장마 등 기후변화, 사스, 신종 플루, 메르스, 코로나19 등 신종감염질환에 이르기까지 글로벌 환경변화는 공통점으로 과학기술과 깊숙이 관련되어 있습니다. 단순히 관련이 있는 정도를 넘어 과학기술이 인류의 안전과 번영을 담보하는 팍스 테크니카(Pax Technica)의 시대가 도래하고 있습니다.

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

<표 1-3> 문제 해결을 위해 필요한 핵심기술

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

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



* 출처 : 2022년도 기술무역통계보고서(2024)

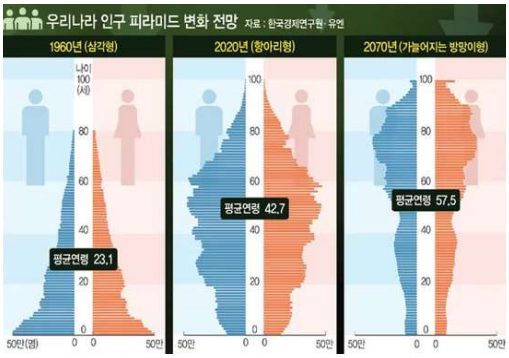
<그림 1-1> 국내 기술무역수지 ('09~'22)

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

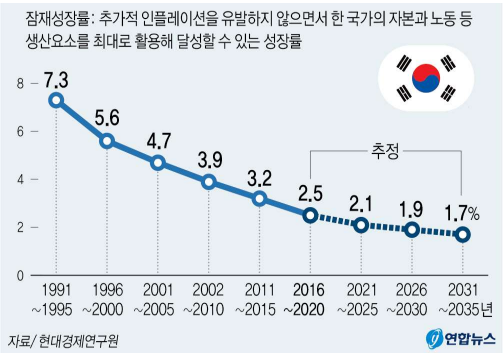
- 우리나라는 노동·자본·생산성 등 모든 구성 지표의 부진으로 잠재성장률이 하락하고 있으며, 성장률 제고를 위해선 과학기술 확보가 중요

- 국가 잠재성장률의 하락은 노동력 감소를 상쇄할 수 있는 자본 투자와 생산성 혁신이 한계에 도달하였음을 시사하며 해결 방안으로 과학기술 혁신을 통한 생산성 향상 필요성 대두

➟ 기존 목표와 성공 공식이 명확했던 추격형 전략방식에서 벗어나 새로운 도전을 장려하고 도전적인 선도형 연구로의 전환을 통한 과학기술 혁신이 필요



<그림 1-2> 한국 인구 피라미드 변화 전망



<그림 1-3> 한국 잠재성장률 추이

❑ 지속되는 미·중 패권 경쟁 속에서 주요국은 과학기술 우위 확보를 위한 총력전을 전개

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

<표 1-4> 미, 중, 한의 연구개발비 비교

(단위: 백만 달러)

국가	2011년	2015년	2020년	2021년	연평균 증가율
미국	415,193	502,893	720,880	806,013	6.9%
중국	134,443	227,538	353,484	433,500	12.4%
한국	45,016	58,311	78,856	89,282	7.1%

* 출처: 연구개발활동조사, 과학기술정보통신부

❍ 세계 주요국들은 자국의 미래 핵심기술 확보를 위한 핵심 기술·산업분야에 대규모 전략적 투자 추진 중

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

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

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

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

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

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

❍ 세계는 자국의 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 → 과학기술 우위

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

  ➟ 세계 각국은 경쟁적인 기술 투자와 미·중 무역분쟁으로 시작된 글로벌 밸류체인 개편 등 향후 개편될 미래사회 경제구조에 대응한 기술확보 필요

<표 1-5> 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황

구분	주요 내용
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 '중요기술연구개발협의회(가칭)' 신설(`21)

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

구분		미국	중국	유럽연합(EU)
국가안보	전략	국가안보전략(NSS)	종합국가안전관, 글로벌 안보구상, 글로벌개발구상	전략 개념, 전략 전망
	주체	국가안전보장회의(NSC), 과학기술정책국(OSTP)	중앙국가안전위원회	북대서양조약기구(NATO), EU 대외관계위원회
경제안보	대내	바이어메리칸, 인프라투자법	쌍순환, 신형인프라건설	신산업전략
	대외	인도태평양경제프레임워크(IPEF), 미국혁신경쟁법, 미국경쟁법	일대일로, 역내포괄적경제동반자협정(RCEP)	EU·중국 포괄적투자협정(CIA), EU·미국 무역기술위원회(TTC), EU·대만 양자 투자협정
기술안보	육성	반도체 및 과학법, 미국혁신경쟁법, 미국경쟁법	천개 대학·만개 기업, 미래기술학원, 집적회로대학원	Horizon Europe
	보호	수출통제법, 외국인투자제한법	과학기술기밀보호규정	수출통제 규정, 외국인직접투자 심사
	연대	ARIA, QUAD, AUK	일대일로국제과학조직연합, 국제기술이전협력네트워크	글로벌 게이트웨이

* 출처 : 파이낸셜뉴스 / 자료: 과학기술정책연구원

<그림 1-4> 미·중·유럽의 안보 분야별 전략

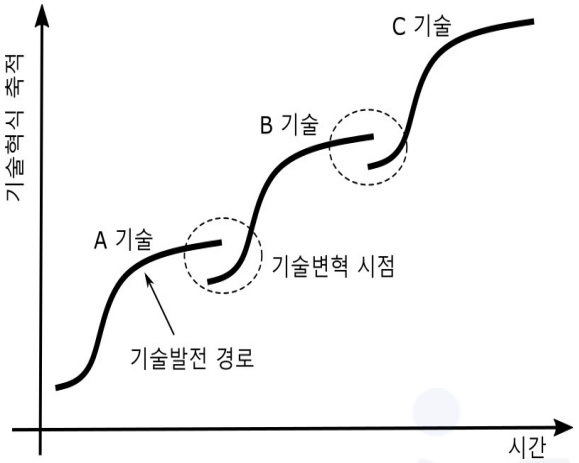
➟ 경쟁의 전선은 반도체를 중심으로 기후기술(에너지 안보, 녹색경제), 우주(우주군, 우주경제), ICT(사이버안보, 디지털경제 등), 바이오(백신 무기화, 바이오경제) 등 전 분야로 확대

변혁적 기술은 과학기술 차세대 성장동력을 확보하고
미래 도전에 대비하기 위한 핵심

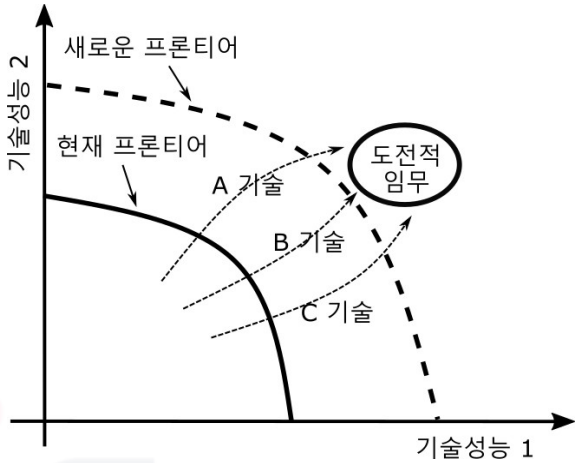
❑ 변혁적 기술은 기존의 경계를 넘어선 새로운 혁신적인 기술을 의미

❍ 변혁적 기술은 불확실성이 높고 검증되지 않았지만, 과학의 근본적인 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술을 의미(NIH)

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



<표 1-6> 비선형적인 기술 변혁



<표 1-7> 새로운 프론티어로 가는 기술 혁신

<그림 1-5> 기술 변혁을 통한 한계돌파 시기

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

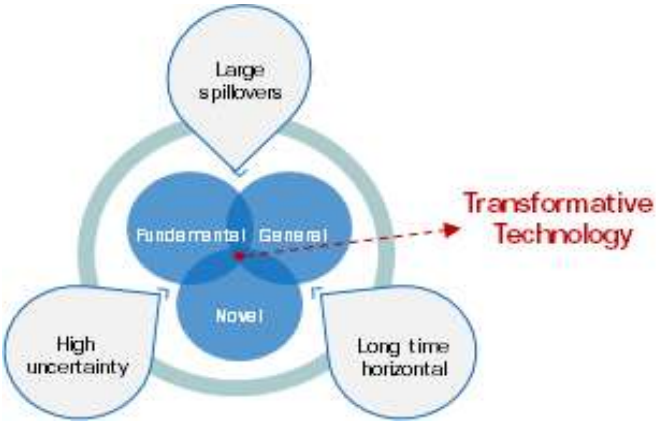
❍ 변혁적 기술은 과학기술 패러다임 전환 및 생산성의 비약적인 발전을 통해 세계 경제・사회 성장에 견인

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

❍ 대규모 투자비용과 고위험의 기술 특성으로 인해 장기간의 전략적 연구지원이 필요

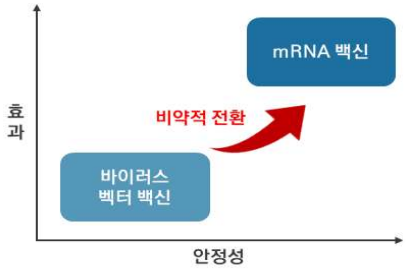
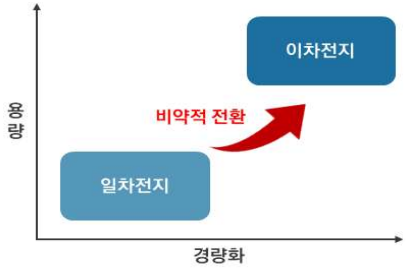
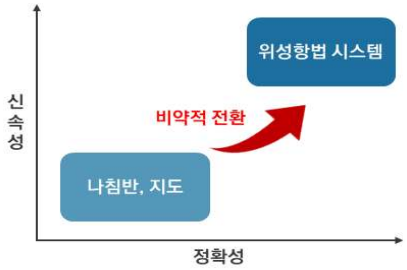
- 변혁적 기술 확보를 위해서는 대규모 비용이 들고 성공 확률이 낮기때문에 민간 R&D로는 한계가 있음
- 고전적인 시장실패 이론과 동일한 이유로 기술의 중요성에도 불구하고 기업은 투자동기가 부족하고, 시장은 충분한 인센티브를 제공하지 못하고 있어, 자발적인 투자환경 미구축

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



<그림 1-6> 변혁적 기술 포지셔닝

<표 1-8> 변혁적 기술(Transformative Technology)의 사례

mRAN 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	
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	
위성항법시스템(GPS) • 나침반, 지도를 통해 위치를 확인하는 방식에서 위성을 통해 위치를 확인하는 방식으로 혁신적인 전환 • 원양항법, 자율주행차 등 다양한 분야로의 파급효과	

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

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

<표 1-9> 주요국의 변혁적 연구 지원 프로그램

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

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

<표 1-10> 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 범유럽혁신기구의 설립 필요성을 주장 • 프랑스는 혁신 지원을 위해 국방혁신기구(Defense Innovation Agency)를 설립 • 영국은 ARPA 방식을 모방하여 UKRI와 독립된 혁신연구기관 ARIA 신설

<표 1-11> DARPA 조직 개요

구분	주요 내용
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	• PM들의 프로그램 아이디어를 검증·정제하여 DARPA 국장과 부국장이 프로그램화 여부 최종 결정
관리	• DARPA 내 PM가 프로그램 관리 업무를 독립적으로 수행

변혁적 기술 확보 방안

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

<표 1-12> 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식

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

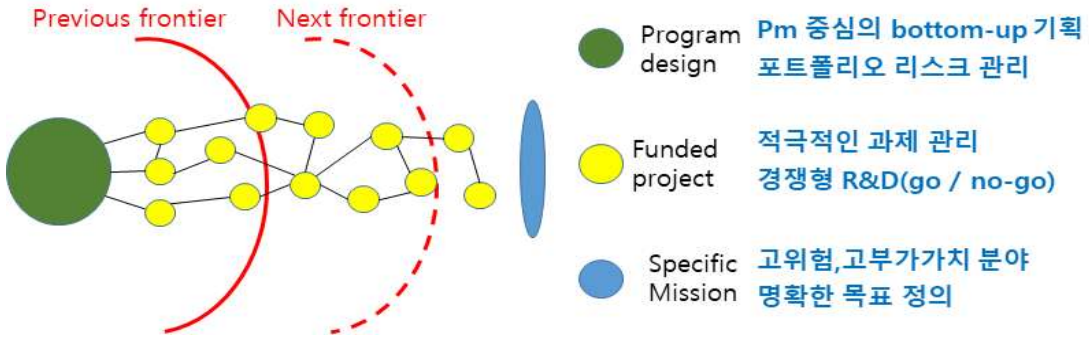
* 출처 : effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD, 2021

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

❍ (목표 설정) 고위험·고부가가치의 기술 개발을 위한 명확한 목표 정의

❍ (프로그램 기획) PD 중심의 과제기획, 포트폴리오 리스크 관리 도입

❍ (과제 관리) 협력 계약(cooperative agreement) 방식의 적극적인 과제관리, 경쟁형 R&D로 리스크 관리 등 새로운 관리 방식 도입



<그림 1-7> DARPA, ARPA-E 등 변혁적 기술 확보 프로그램 개념도

⇒ **변혁적 기술 확보**를 위해 ①**혁신적인 분야**에 대한 **명확한 목표**를 **설정**하고, ②**새로운 연구관리 시스템** 도입 필요

【목표 설정 : 혁신적인 분야에 대한 임무 지향 투자】

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

① 위험·고부가가치의 혁신적인 분야 지원

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

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

<표 1-13> 혁신적 연구가 지원되지 않고 위험회피주의(Conservatism)가 나타나는 이유

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

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

❍ 대규모 투자비용과 고위험의 특성으로 인해 단기적인 시장 경쟁력 강화가 목표인 민간 주도의 개발은 어려움

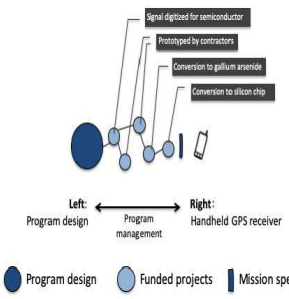
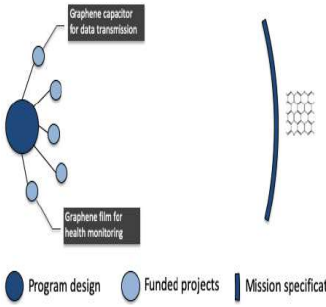
- 단기 성과에 대한 집중으로 산업 경쟁력 지수는 20년간('95~'15) 상승(16→13위)하였으나, 산업 잠재력 지수는 하락(21→25위)

② 목표 달성을 위한 명확한 임무 설정

❍ 한정된 자원으로 목표를 효율적으로 달성할 수 있도록 관리를 하기 위해서는 밀도 있고 명확한 목표 설정 필요

- 실제로 Graphene의 상용화를 목표한 EU의 프로그램은 모호한 목표를 설정하여 실질적인 성과 창출이 미흡했다는 한계 존재

<표 1-14> 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교

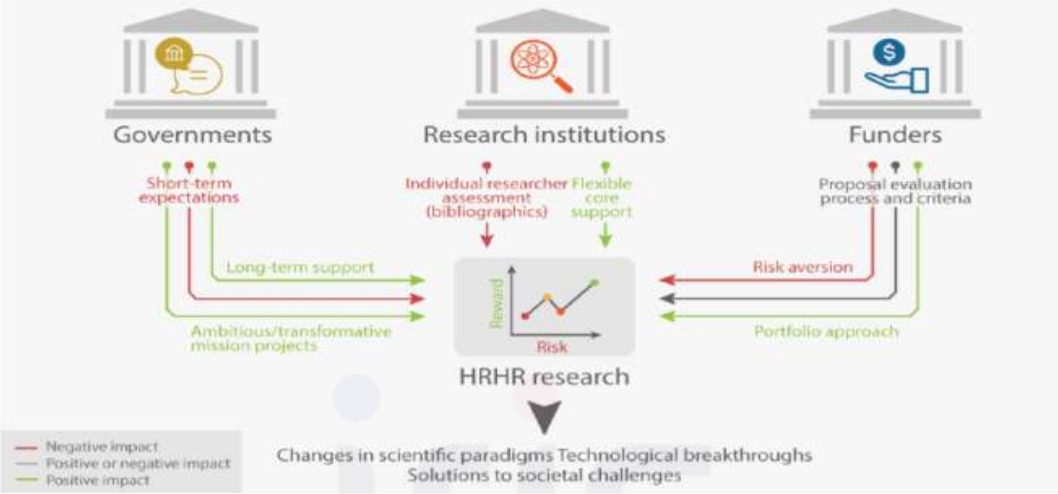
구분	소형 GPS	그래핀 연구
사업 체계		
프로그램	DARPA's GPS Program	EU's Graphene Flagship Program
목표	• 10LB 무게의 handheld GPS receiver 개발	• Graphene 상업화 수준 향상 및 10년 내에 Graphene을 실험실에서 사회로 확산
비고	• 목표가 한정적이고 명확하여 집중된 과제 선정, 포트폴리오 관리 등	• 목표가 불명확하고 넓어(broad) 자원을 집중하지 못하고, 결과적으로 성과 창출 미흡

【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 평가 할 것을 제시



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

<그림 1-8> OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해

<표 1-15> OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언

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

참고 **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 1-16> 변혁적 기술의 특징 및 사례

구분	내용
기존의 지식에 도전	• 대륙이동모델 : 처음에는 논란이 많았지만 50년 후에 새로운 분석방법과 해저샘플링 기법에 기초하여 정확하다는 것을 입증 • 금속유리의 발견 : 초기 불분명한 이론적 가능성만 제시되었으나, 오늘날의 집적회로를 실현시키고, 최근에는 MEMS, 유연전자 분야에서의 활용성이 주목
새로운 기술이나 방법론을 가능하게 하는 예상치 못한 통찰력 제공	• 대용량 하이퍼텍스프 웹 검색 연구: Google과 같은 혁신적인 서비스를 창출 • 자기공명영상 : 뇌기능 모니터링 도구로 활용함으로써 행동연구의 한계를 확장
과학, 공학, 교육의 경계를 재정의	• VLSI 회로설계 방법론 연구 : 마이크로전자 분야의 혁신을 통해 이동통신과 슈퍼컴퓨터 발전에 기여하였을 뿐만 아니라 오늘날 컴퓨터과학 전반을 관통하는 추상화된 지적 프레임워크를 제공 • 우주 미세거리측정법 : 우주론적 매개변수를 미세하게 조정하기 위해 개발되었으나, 새로운 물리학과 암흑에너지 개념 창출에 기여

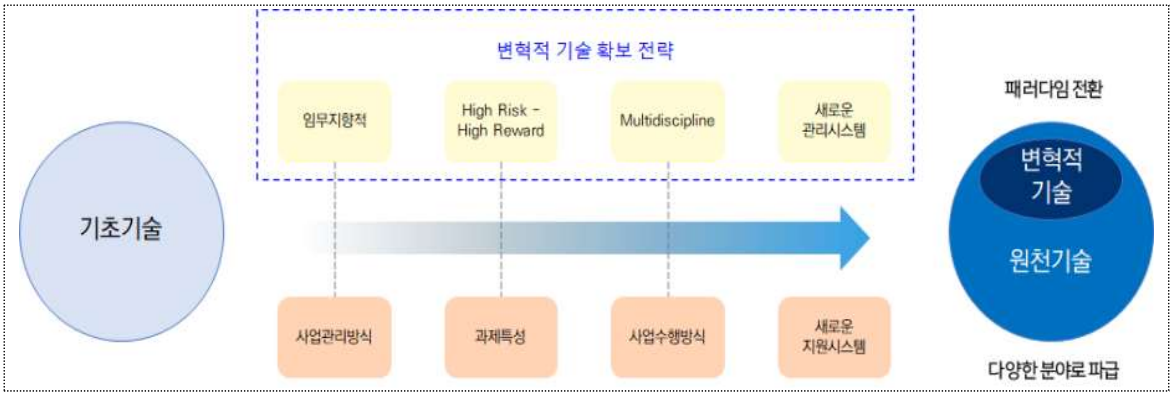
❍ 변혁적 기술 확보 전략

<표 1-17> 변혁적 기술 확보 전략의 특징

구분	분류	참석자
임무지향적	사업관리방식	• 사회, 기술, 지속가능한 변화에 기여하기 위해서, 공통으로 잘 정의된 목표를 향해 집단이 정해진 시간 내에 달성하기 위해 도전 • 과학, 기술, 혁신을 활용해 잘 정의된 사회적 과제를 주어진 시간 내에 해결하기 위해 조율된 정책과 규제 방안의 조합기획사
High Risk - High Reward	과제특성	• 시장적 인센티브가 충분하지 않지만, 과학연구 투자를 통해 대규모/긴시간적 파급효과를 창출하는 특성 • ERC 과학위원회가 평가한 ERC지원 연구성과 중 혁신적 성과를 창출한 기술 대부분이 High Risk-High Reward의 과제에서 창출
Multidiscip line	사업수행방식	• 다양한 개인과, 그룹, 과거의 아이디어를 포함한 지적 원천, 혁신적/점진적 발전 경로를 통해 발생 • 학계 및 연구계의 오픈이노베이션시스템 간 정보교환을 촉진시키고, 혁신주체들과 혁신수요자간 신속한 소통을 통해 변혁적 혁신의 창출과 확산이 진행
새로운 관리시스템	지원시스템	• 고위험 혁신 연구 장려를 위하여 기존 프로그램 재설계 관점이 아닌 새로운 접근법을 활용한 프로그램 기획 • 포트폴리오 접근 방식을 통해 리스크 관리와 더불어, 위험을 감수 할 수 있는 자금관리, 평가 패널 및 개별연구원에 대한 인센티브 방안 마련

❍ 주요 용어의 관계

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



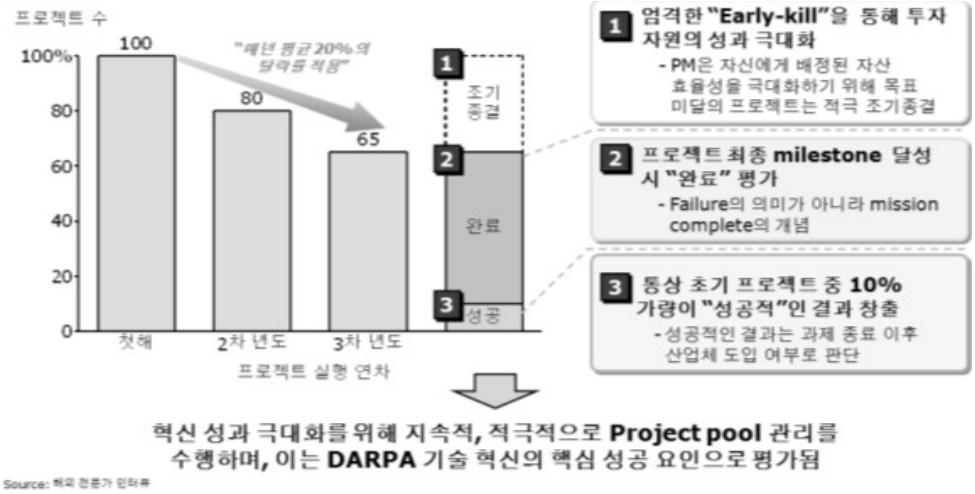
<그림 1-9> 주요 용어의 관계

❑ 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 1-10> DARPA의 포트폴리오 관리방식

② 임무 달성을 위한 적극적인 과제관리

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

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

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

<표 1-18> ARPA-E 프로그램의 목표관리(MINER 프로그램 사례)

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

목표	상세 내용
분쇄 에너지 저감	• 기존 최첨단 공정 대비 분쇄에너지 50% 감소
분쇄 에너지 저감 효율	• 10+kg/hr 조건으로 최소 100kg 처리 실증
에너지관련 광물 손실 저감	• 기존 최첨단 공정 대비 분쇄로 인해 미회수되었던 에너지 관련 광물 생산량 50% 감소
분쇄효율을 고려한 에너지관련 광물 손실 저감	• 10+kg/hr 조건으로, 기존 최첨단 공정 대비 분쇄로 인해 미회수되었던 에너지 관련 광물 생산량의 50% 감소

③ 독립적인 전담기관을 통한 연구지원

❍ 대부분의 변혁적 연구 프로그램은 기존의 지원체계에서 벗어난 독립적이고 자율적인 전담기관을 설립하여 프로그램을 관리

- 자유도가 높고 독립적인 R&D 기획, 평가 및 관리를 통해 변혁적 기술 확보만을 목적으로 하는 전담기관을 구성하여 지원

➟ 美 DARPA를 대표 모델로 하며, 대부분의 선진국에서 DARPA를 벤치마킹하여 독립조직을 구성하거나 구성 준비 중

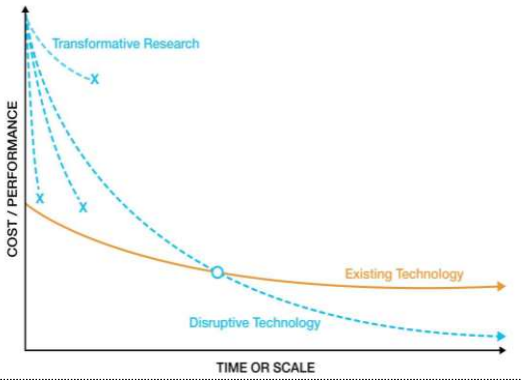
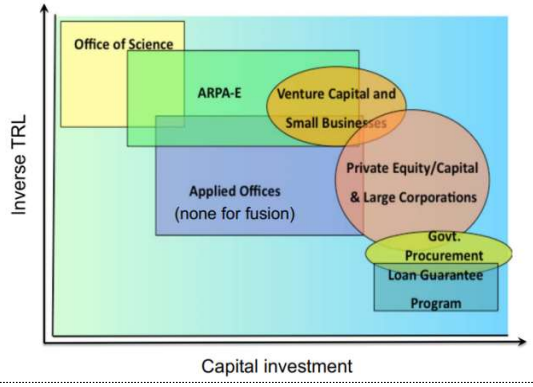
참고 **ARPA-E 개요**

❍ (목적) 미국의 에너지 수입을 10년간 20%까지 감소시키기 위한 '파괴적이고 혁신적'인 에너지기술 및 정책 개발

- 해외로부터의 에너지 수입 감소, 에너지 효율성 개선, 온실가스를 포함한 에너지 관련 배출 저감, 에너지 인프라의 신뢰성 개성 등 목표

❍ (지원분야) 민간에서 추진하기 어려운 고위험·고수익의 변혁적 기술 확보 및 기초연구와 상용화 사이에서의 격차를 해소할 수 있는 분야

<표 1-19> ARPA-E의 기술 발전 분야

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

❍ (예산) '21년 기준 4억 2,700만 달러

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

❍ (지원 프로젝트 형태) 3가지 형태의 프로젝트를 지원

- (Focused Program) 기술분야별로 개발 목표를 설정하고 이를 달성하기 위해 추진되는 Top-down식 공모사업

- (Open Solicitation) 특정한 주제를 정해두지 않고 연구자의 자유로운 제안을 심사하여 우수과제를 채택하는 bottom-up형 포괄식 공모사업

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

❍ (추진 프로세스) PD(Program Director)가 프로그램 기획, 연구자 선정, 마일스톤 점검, 과제 평가 등을 주도적으로 수행

<표 1-20> ARPA-E.의 연구관리(PD 주도) 프로세스

주요 내용
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

2 사업 추진 필요성

우리의 변혁적 기술 확보 지원 현황

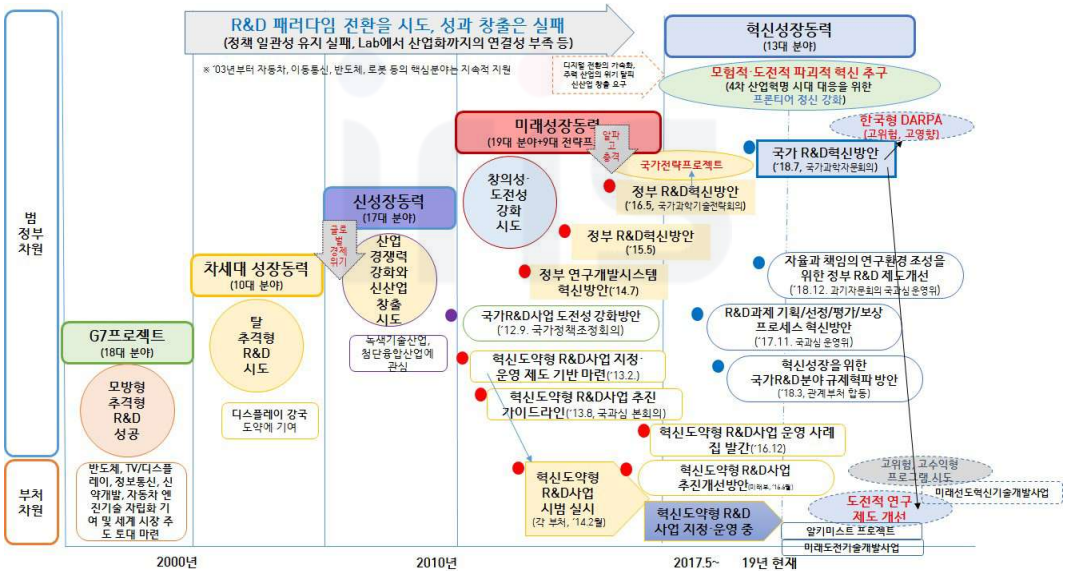
❑ **우리나라는 과학기술 선도국가로 도약하기 위해 혁신정책을 마련하고 있으며 그에 따른 투자 확대도 지속 추진 중**

❍ 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

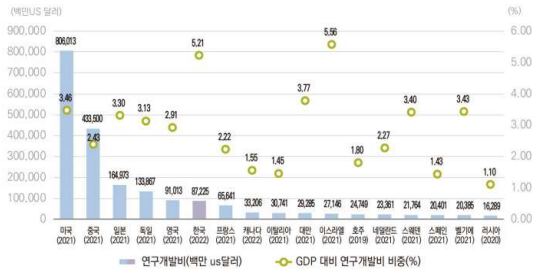
➟ 정부 연구개발시스템 혁신 방안, 정부 R&D 혁신 방안, 국가 R&D 혁신 방안 등을 발표

➟ 혁신도약형 R&D 시범사업 실행을 통하여 혁신도전 프로젝트 추진



<그림 1-11> 우리나라의 혁신정책 및 연구개발사업 추진 경과

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



<그림 1-12> 주요국 총 연구 R&D 및 GDP 대비 비중

* 출처: '22년도 연구개발활동조사보고서, '24.



<그림 1-13> 한국 SCI 논문 수 및 점유율 추이

* 출처: '22년 한국의 과학기술논문발표 및 피인용 현황

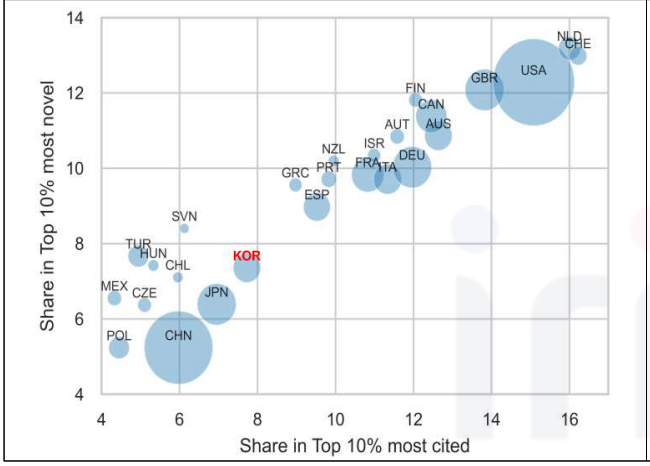
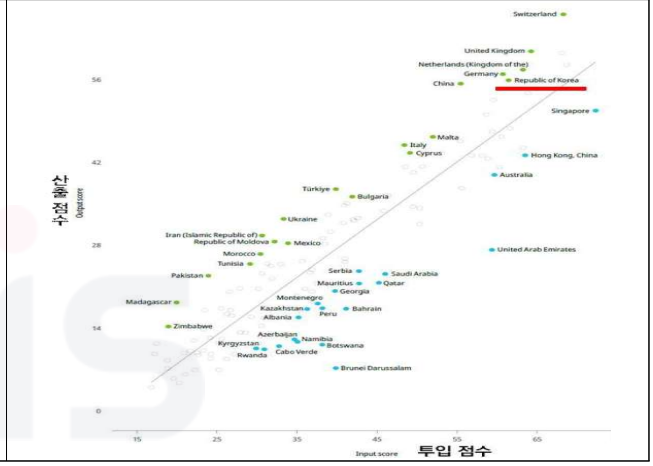
❑ 하지만, 연구개발 성과는 점진적인(Incremental) 성과 위주이며, 기술 분야의 패러다임을 바꿀만한 혁신적인 기술 개발은 미흡

❍ 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)

<표 1-21> 국내 HRHR 연구의 참신성/과학적 영향력 수준

국내 HRHR연구의 참신성 · 과학적 영향력 수준	국가별 혁신 투입 및 산출 현황(`23년)
	

* 출처: 2023년 세계혁신지수(GII) 분석, KISTEP, '23.10.

- 글로벌 혁신지수 또한 '22년 대비 4단계 하락하여 '23년 종합 10위를 기록하는 등 혁신지수 지표의 항목 대부분에서 전년 대비 하락한 것을 확인할 수 있음

➟ 특히, 지식 및 기술 성과 부문의 지식 영향 및 지식 확산 지표가 전년 대비 하락하였으며, 규제환경 및 생태적 지속가능성이 타 지수 대비 매우 낮아 우리나라 혁신성장에 약점으로 나타남

<표 1-22> 우리나라의 '23년도 세계혁신지수

구분		순위					
		2019	2020	2021	2022(a)	2023(b)	순위변동 (a-b)
투입 지표	제도	26	29	28	31	32	△1
	인적자원 및 연구	1	1	1	1	1	-
	인프라	15	14	12	13	11	2
	시장 성숙도	11	11	18	21	23	△2
	사업 성숙도	10	7	7	9	9	-
산출 지표	지식 및 기술 성과	13	13	8	10	11	△1
	창의적 성과	17	17	8	4	5	△1

* 출처: 2023년 세계혁신지수(GII) 분석, KISTEP, '23.10.

❍ 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

- '24년 발표한 2022년 기술수준평가 결과(안)에 의하면, 우리나라의 최고기술 분야는 이차전지이며, 이차전지 및 디스플레이·반도체 분야에서 최고기술 4개를 보유한 것으로 나타남

<표 1-23> 세계 최고기술 보유 수준

국가	미국	한국	중국	EU	일본
최고기술	43개	4개	3개	6개	3개
90% 이상	5개	9개	13개	7개	32개
80~90%	2개	24개	26개	27개	13개
80% 미만	-	13개	8개	10개	2개

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

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

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

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

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

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

➟ OECD는 우리나라 연구개발 사업 중 유일하게 알키미스트 프로젝트만 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, 연구과정의 리스크 관리를 위한 포트폴리오는 미흡

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

<표 1-24> 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 지권	중소형사업 중 · 단기사업

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

<표 1-25> DARPA, ARPA-E의 자금지원 유형

그랜트(Grant)	협력 계약(Cooperative Agreement)
• 연구기관이 선정된 이후에 출연금 형태로 연구비 지급 • 이후의 연구 진행은 연구자가 주도권을 가지고 수행하며, 관리기관의 관여 적음	• 연구기관 선정 이후 연구비 지원 계약을 다시 체결하여 연구비 지급 • 각 연구 단계별 목표 조율, 주기적인 진도 관리 등 관리기관의 관여가 적극적인 유형

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

<표 1-26> 국내 도전혁신형 R&D 프로그램 비교

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

2절. 사업 추진 근거

1 사업추진근거

가. 관계법령

❑ 「과학기술기본법」 제11조(국가연구개발사업의 추진)

❍ 동 법률은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술을 혁신하고 국가경쟁력을 강화함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 나아가 국민의 삶의 질을 높이고 인류사회의 발전에 이바지하기 위함

<표 1-27> 과학기술기본법 중 동사업 관련 내용

제11조(국가연구개발사업의 추진)
① 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하여야 한다.

❑ 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법」 제14조(특정연구개발사업의 추진)

❍ 동 법률은 기초연구를 지원·육성하고 핵심기술에 대한 연구개발을 촉진하여 창조적 연구 역량의 축적을 도모하며 우수한 과학기술 인력을 양성하여 국가과학기술경쟁력의 강화와 경제·사회 발전에 이바지하기 위함

<표 1-28> 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법 중 동 사업 관련 내용

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

❑ 동 사업의 상세 규정과 추진 절차는 「국가연구개발혁신법」 및 동법 시행령, 동법 시행규칙과 과학기술정보통신부 소관 과학기술분야 연구개발사업 처리규정, 한계도전 R&D 운영 규정 등을 준수

나. 국정과제

❑ 윤석열 정부 120대 국정과제

❍ “다시 도약하는 대한민국, 함께 잘 사는 국민의 나라”를 위한 윤성열 정부 국정운영의 설계도 마련

❍ (국정목표 4. 자율과 창의로 만드는 담대한 미래) 자율과 창의의 탄탄한 밑거름을 자양분 산암, 도전과 혁신의 과학기술 혁명 등 준비

- (과제 74. 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계) 국가 R&D 100조 원 시대를 맞이하여 정부와 민간의 역량을 모아 과학기술 강국으로 도약하기 위한 국가 과학기술 시스템 재설계 추진

<표 1-29> 120대 국정과제 중 과제74의 주요 내용

과제 74. 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계
• (과학기술 역할 강화) 과학기술 기반의 혁신으로 경제대국 · 강한안보 · 행복 국가를 달성할 수 있도록 과학기술 정책 대전환 - 탄소중립 · 고령화 등 국가가 당면한 문제를 해결하기 위한 임무지향적 과학기술 체계 마련, 민간 · 지방 주도로 전환, 산 · 학 · 연 융합 · 협력 강화 • (질적 성장 R&D) R&D 예산을 정부 총지출의 5% 수준에서 유지하고, 중장기 투자전략 수립 및 통합적·전략적 R&D 예산 배분·조정 체계 마련 - 기술 · 환경변화에 적시대응이 가능한 신속 · 유연 예타 추진, R&D 예타 기준 1,000억원으로 상향, 활용성 높은 성과창출을 위한 평가제도 개선 및 성과활용 지원체계 마련 • (기대효과) 과학기술 시스템 재설계를 통해 과학기술 5대 강국 달성 및 경제성장 · 강한안보 · 국민행복에 기여

다. 상위계획

❑ 「제5차 과학기술기본계획('23~'27)」

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

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

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

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

❍ 세부 추진관제

- (전략1) 질전 성장을 위한 과학기술 체계고도화

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

- (전략2) 혁신 주체의 역량 제고 및 개방형 생태계 조성

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

- (전략3) 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응

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



<그림 1-14> 제5차 과학기술기본계획 비전 및 전략

라. 유관 정책 및 계획

❑ 「2024년도 과기정통부 연구개발사업 종합시행계획」(24.1.)

❍ 선도형 R&D 혁신으로 글로벌 과학기술, ICT 강국 도약을 목표로 연구개발 투자 추진

<표 1-30> 2024년 과기정통부 연구개발사업 종합시행계획 중 동 사업 관련 주요 내용

구분	주요 내용
연구개발 제도개선 사항	• 세계 최초·최고 R&D 투자를 위한 선도형 R&D 시스템 기반 마련 -(기획) 개방형 기획체계 도입, 문제·목표 중심의 과제 기획 확대 등을 통해 연구자들의 다양한 접근방법 존중 -(평가) 과도한 공정성에서 탈피하여 상피제 원칙적 폐지 등 평가의 전문성과 투명성 확대 • 전문가 중심의 R&D 사업관리를 위해 한국연구재단 PM의 권한·책임성 강화 및 R&D 정책연구소 신설 -(PM 권한 강화) PM에게 선정평가위원 선정 권한 부여 등 기획, 과제선정, 평가, 활용 등 R&D 전주기에 걸친 권한을 확대 • 과학기술분야 R&D 사업 구조개편 추진

❑ 「2024년도 과기정통부 주요정책 추진계획」('24.2.)

❍ 기술패권 경쟁시대에서 과학기술 강국으로 도약하기 위하여 서계 최초·최고에 도전하는 R&D 추진에 중점

- 미래 유망기술 연구개발 활성화를 위하여, 실패 가능성이 높으나 막대한 성공효과가 기대되는 '한계도전 R&D 프로젝트'를 시작('24~'28년, 490억 원 지원)



<그림 1-15> 2024년 과기정통부 4대 추진전략 및 12대 핵심과제 중 관련 주요 내용

❑ 「2025년도 국가연구개발 투자방향 및 기준(안)」('24.3.)

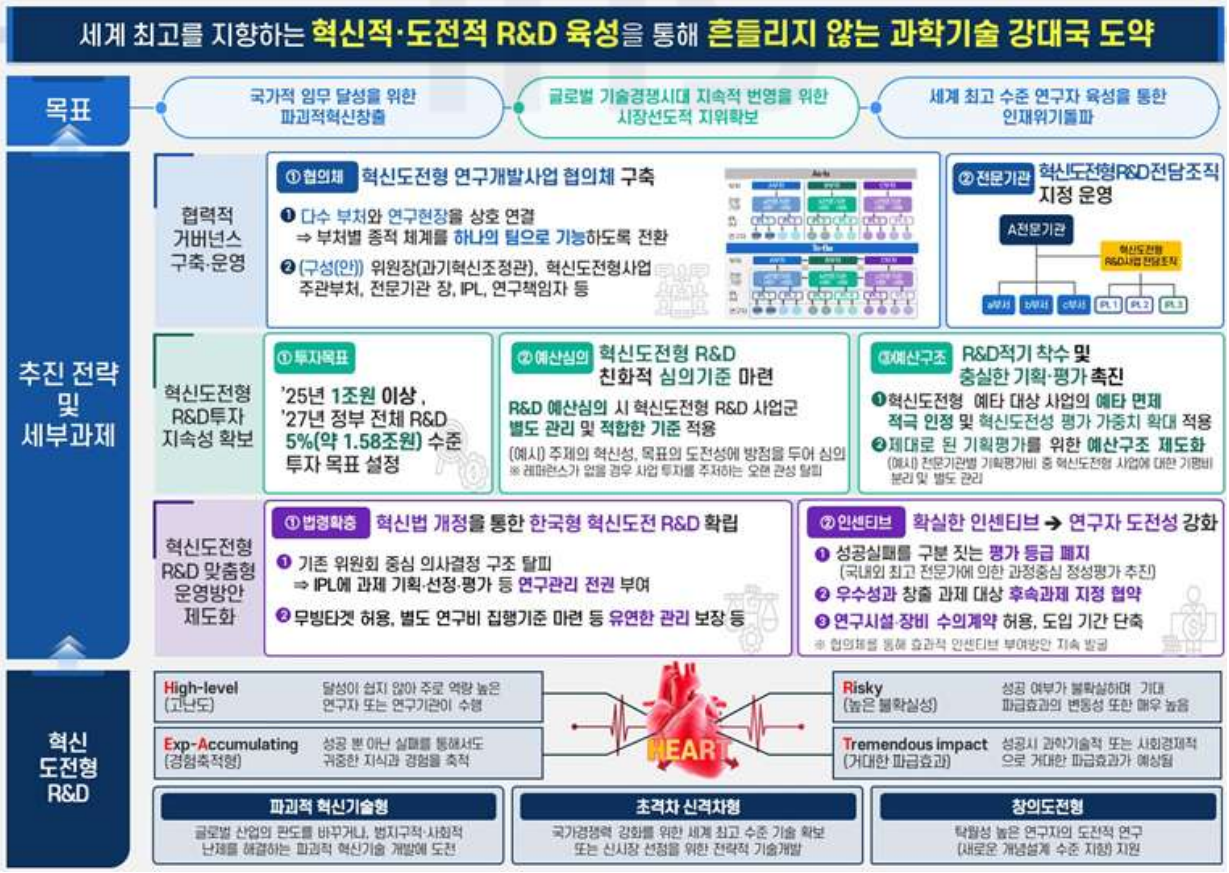
❍ 퍼스트무버, 과학기술 강대국을 지향하는 '최고·최고에 도전하는 투자'로 국가R&D 전반에 도전성을 강화 수행

<표 1-31> 2025년 국가연구개발 투자방향 및 기준(안) 증 동 사업 관련 주요 내용

구분	주요 내용
정부R&D 투자 전반에 선도·도전의 DNA 이식	• 실패위험부담이 있지만 성공시 국가적 기술혁신을 이끌 수 있는 선도·도전적 R&D 지원 예정 - 평가 등급 폐지, 예비타당성 조사 간소화 등의 특례를 부여하며 성과 창출 시 후속사업까지 연계 지원 예정 • 민간이 하기 어려운 모험자본으로서 정부 R&D 투자의 책무성 강화 - 민간에서 투자하기 어려운 분야에 대해서는 정부의 마중물 투자로 시장의 후속 투자를 이끌어내는 등의 시장 실패를 보완하고 역동성 제고 계획

❑ 「혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안」('24.3.)

❍ 혁신도전형 R&D 사업을 '세계 최고 또는 최초 수준을 지향하는 실패가능성은 높으나 성공시 혁신적 파급효과를 이끌어낼 수 있는 R&D 사업'으로 정의하고 혁신도전형 R&D 투자 목표를 '25년 1조 원 및 '27년 총 정부 R&D 예산의 5% 수준으로 설정



<그림 1-16> 혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안 개요도

❑ 「2023년도 업무보고」('22.12.)

❍ 글로벌 과학기술 강국, 디지털 모범국가를 실현하고 대한민국의 도약 견인을 위하여 3대(❶전략기술, 미래산업 육성, ❷디지털 전면 확산, ❸인재·지역적 기반 확보)에서 8대 핵심과제 추진

<표 1-32> 2023년 과학기술정보통신부 업무보고 중 동 사업 관련 주요 내용

추진과제	주요 내용
신기술 기반 미래산업 선점	• 도전적 연구개발(R&D)을 통한 임팩트 강화 -(한계도전 R&D) 10~20sus 뒤를 책임질 변혁적 기술개발을 위한 프로젝트(`23, 147억 원) 추진 및 국가 R&D 도전·혁신성 강화

❑ 「윤석열 정부 R&D 혁신방안」('23.11.)

❍ 세계 최고에 도전하는 혁신적 R&D 육성 및 세계를 선도하는 과학기술 글로벌 허브로 도약하기 위한 R&D 혁신방안 수립·시행

- 세계 최고에 도전하는 혁신적R&D를 육성하여 퍼스트무버로 도약을 위한 R&D 3대 분야(❶제도, ❷투자, ❸국제협력) 혁신을 본격화

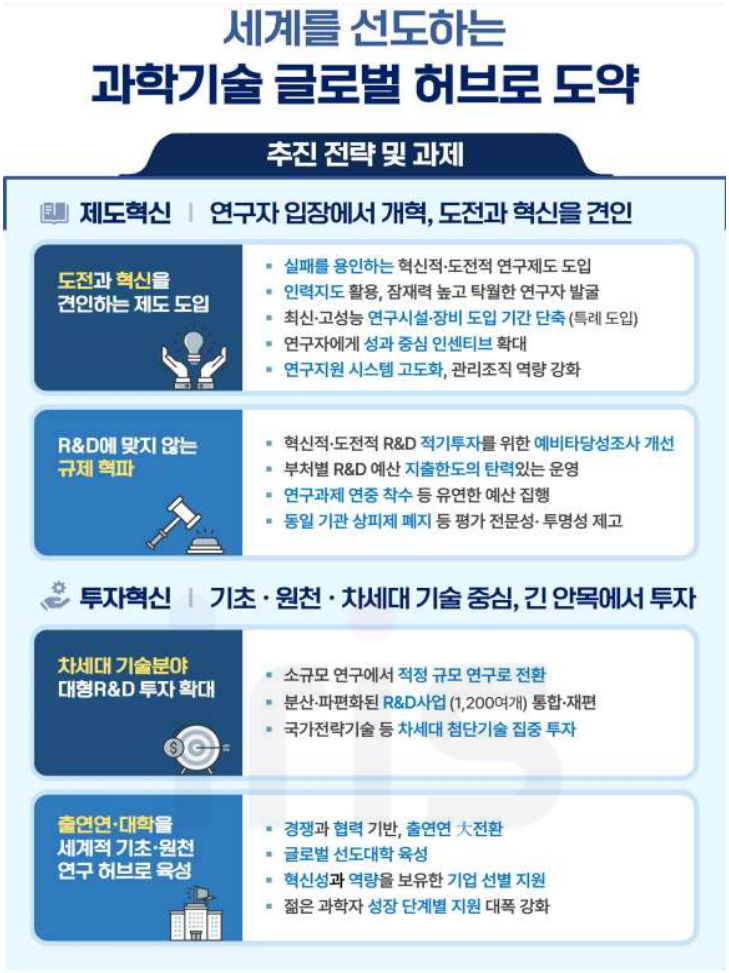
➟ (제도) R&D에 맞지 않는 관리자 중심의 제도·규제를 없애고 도전적·혁신 연구가 우대받는 환경으로 전환
: 도전적 연구에 대해서는 실패를 용인, 연구과제 연중 수시 착수, 동일기관 상피제 폐지 등

➟ (투자) 산업 트렌드나 현안 위주에서 벗어나 R&D 본연의 역할인기초·원천, 차세대 기술 중심으로 긴 안목에서 과감히 투자 등

<표 1-33> 국가 R&D 혁신 방안 중 동 사업 관련 주요 내용

추진과제	주요 내용
제도 혁신	① 도전과 혁신을 견인하는 제도 도입
	• 실패를 용인하는 혁신적·도전적 연구제도 도입 -(연구제도 개선) 연구과제 선정, 수행방식, 평가 등 R&D 전주기에 걸쳐 혁신성과 도전성 강화 -(평가등급 폐지) 도전적 연구에 대해서는 목표 미달성 시 후속과제 선정 등에 불이익을 받지 않도록 성공·실패를 구분 짓는 평가 등급 폐지 • 연구지원 시스템 고도화, 관리조직 역량 강화 -(전문기관 혁신) 연구관리전문기관이 R&D 기획·성과 관리·연구지원서비스 기능을 강화할 수 있도록 전문기관 지원 확대 및 관리 강화 -(관리기관 점검 도입) 각 부처가 R&D 수행과 함께 사실상 연구관리전문기관 역할을 수행하는 기관을 점검, 예산집행 전달체계 효율화 추진
	② R&D에 맞지 않는 규제 혁파
	• 혁신적·도전적 R&D 적기투자를 위한 예비타당성조사 개선 • 부처별 R&D 예산 지출한도의 탄력있는 운영 -(임무중심 배분·조정) 국가전략기술, 혁신적·도전적 사업 등 국가적 임무와관련된 분야는 범부처적 목표달성을 위한 전략적 예산 배분·조정 추진 • 연구과제 연중 착수 등 유연한 예산 집행 -(자율성 강화) 연구과제 관리 기본 절차는 혁신법을 준수하되, 연구과제협약을 통해 경쟁형·후불형 등 다양한 방식의 운영이 가능함을 명확화 • 동일 기관 상피제 폐지 등 평가 전문성·투명성 제고

추진과제	주요 내용
투자혁신	① 차세대 기술분야 대형R&D 투자 확대
	• 국가전략기술 등 차세대 첨단기술 집중 투자 -(DARPA형 프로젝트) 실패 가능성이 높지만 성공 시 파급효과가 큰 초고난도 목표를 지닌, 美 DARPA 방식 '고위험 · 고수익형 R&D' 확대



<그림 1-17> 국가 R&D 혁신의 목표 및 전략

2 추진 경과

❑ 동 사업의 시범사업으로 한계도전 R&D 프로젝트 추진

<표 1-34> 사업 기획회의 경과 현황('22~)

순번	회의일자	주요 내용	구분	비고
1	2022.12.	• 2023년도 업무보고 3. 신기술 기반 미래산업 선점 과제에 한계도전 R&D 시범과제 추진 내용 포함	업무보고	
2	2023.02.	• 산·학·연 전문가를 중심으로 한계도전 R&D 위원회 구성 • 제1차 한계도전 R&D 위원회 개최로 사업기획 및 추진체계 마련	위원회	
3	2023.03.	• 한계도전 R&D 프로젝트 Kick-off 개최	Kick Off	
4	2023.04.	• 한국연구재단 내 한계도전전략센터 설치	센터	
5	2023.07.	• 한계도전 R&D 책임PM 선임	책임PM	
6	2024.01.	• 한계도전 R&D 프로젝트 의견요청서 제출 안내 요청	책임PM	
7	2024.02.	• 한계도전 R&D 프로젝트 기술제안 토론회 개최	토론회	
8	2024.04.	• 한계도전 R&D 프로젝트 신규과제 공모	책임PM	

❑ 동 사업 추진을 위한 기획회의 진행

❍ 동 사업은 한국연구재단 한계도전전략센터와 한계도전 프로젝트 책임PM, 용역사가 참여한 기획 회의를 중심으로 사업 방향성 수립

<표 1-35> 동 사업 기획회의 경과 현황

순번	회의일자	회의안건	구분	비고
1	2024.01.04.	• 사업 기획 방향 수립	기획회의	
2	2024.01.12.	• 사업 기획 방향 수립 및 사업수요조사 설정	기획회의	
3	2024.01.16.	• 사업수요조사서 확정을 위한 책임PM 논의	기획회의	
4	2024.01.25.	• 사업 성과지표 설정 회의	기획회의	
5	2024.02.02.	• 사업 성과지표 설정 회의	기획회의	
6	2024.02.15.	• 사업 성과지표 및 관리지표 설정 회의	기획회의	
7	2024.02.22.	• 사업 성과지표 및 관리지표 설정 회의	기획회의	
8	2024.03.15.	• 사업 성과지표 및 사업 배결 및 필요성 관련 회의	기획회의	
9	2024.03.29.	• 사업 성과지표 및 총괄위원회 관련 회의	기획회의	
10	2024.04.01.	• 사업 배경 및 필요성 관련 회의	기획회의	
11	2024.04.12.	• 사업 임무 및 T2I 관련 회의	기획회의	
12	2024.04.29.	• 사업 배경 및 필요성 관련 회의	기획회의	
13	2024.05.10.	• 사업 규모 및 연구주제 관련 회의	기획회의	
14	2024.05.24.	• 과제 유형 및 진행 프로세스 관련 회의	기획회의	

❑ 동 사업 추진을 위한 전문가위원회 진행

❍ 총괄위원회를 통한 사업 기획 검토 및 의견 수립

<표 1-36> 사업 총괄위원회 현황

순번	회의일자	회의안건	구분	비고
1	2024.04.05.	• 사업의 방향성 및 규모 산정을 위한 기획 회의	총괄위	
2	2024.08.30.	• 사업 재기획 방안 회의	총괄위	

제2장. 국내 R&D 현황 및 분석

2.1 국내 R&D 현황 분석

2.2 국내 R&D 문제점

2.3 국내 R&D 시사점

2장. 국내 R&D 현황 및 분석

1절. 국내 R&D 현황 분석

❑ 우리나라는 매우 높은 수준으로 R&D에 투자 중이나, 세계최고기술 보유 수준은 미흡함

❍ '22년 우리나라 GDP 대비 R&D 투자 비중은 5.21%로 OECD 국가 중 2위로 막대한 예산을 집중

- 인구 천 명당 연구원 수는 9.5명으로 세계 1위를 유지

❍ 한국을 비롯한 주요 5개국의 11대 분야 136개 핵심기술을 비교 평가한 「2022년도 기술 수준 평가 결과(안)」은 미국(100.0%)을 최고기술 보유국으로 평가하였으며, EU(94.7%), 일본(86.4%), 중국(82.6%), 한국(81.5%) 순으로 우리나라를 최하위로 평가

- 한국은 주요 5개국 중 논문·특허 증가율은 중국에 이어 2위 수준으로 보이고 있으나, 논문·특허 질적 지표는 전반적으로 4위에 해당하여 낮은 것으로 판단

<표 2-1> 전체대상 관련 논문·특허 지표 분석 결과

논문	활동력(양적) 지표		기술력(질적) 지표			
	논문점유율	논문증가율	논문영향력	중요논문비율	연구주체다양도	H-index
미국	3위(20.3%)	4위(185.5%)	1위(25.7)	3위(24.1%)	2위(0.86)	3위(56.2)
한국	5위(5.4%)	2위(295.7%)	3위(15.0)	4위(4.8%)	5위(0.71)	4위(25.0)
중국	2위(33.8%)	1위(445.2%)	4위(14.9)	2위(28.8%)	3위(0.81)	2위(61.2)
일본	4위(6.0%)	5위(147.4)	5위(12.5)	5위(4.4%)	4위(0.74)	5위(22.6)
EU	1위(34.6%)	3위(218.4)	2위(19.9)	1위(37.9%)	1위(0.92)	1위(66.1)

특허	활동력(양적) 지표			기술력(질적) 지표			
	특허점유율	특허증가율	해외출원도	특허영향력	중요특허비율	IP4점유율	청구항수
미국	2위(13.6%)	3위(407.1%)	2위(453.0%)	1위(12.1)	1위(28.8%)	1위(34.2%)	1위(18.6)
한국	3위(13.4%)	2위(1505.2%)	4위(200.6%)	3위(5.1)	4위(15.6%)	4위(15.1%)	4위(8.7)
중국	1위(55.8%)	1위(2037.8%)	5위(133.0%)	5위(4.1)	2위(26.7%)	5위(9.4%)	5위(7.3)
일본	4위(9.9%)	4위(371.8%)	3위(254.7%)	3위(5.1)	5위(12.5%)	3위(16.9%)	3위(9.9)
EU	5위(7.4%)	5위(218.4%)	1위(614.5%)	2위(7.2)	3위(16.4%)	2위(24.5%)	2위(16.0)

* 출처: 2022년도 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, '24.2.29.

❍ 국가전략기술(50개 국가전략기술) 평가 시, 한국은 이차전지 기술은 세계 최고 수준이나, 우주항공·해양, 양자 기술은 미국과 기술격차가 매우 큰 것으로 확인

- 한국의 미국 대비 기술수준이 낮은 기술은 우주항공·해양, 양자 분야인데 이 분야들은 매우 도전적이나 반드시 확보해야 하는 필수기술로 평가됨에 따라 정부 차원의 전략적 투자 지원이 필요한 상황

❑ 글로벌 수준 핵심원천기술이 부족하여 기술의 해외 의존 심화 및 경쟁력 상실 우려

❍ 핵심원천기술의 부족으로 국내산업이 성장할수록 대외 기술 의존도가 높아지는 구조 형성

❍ 주요국은 4차 산업혁명 시대에 대응한 초연결, 초지능, 가상현실 등의 기술을 경쟁적으로 개발하고 있으나, 우리나라의 수준은 세계 25위[2]로 선진국보다 성과나 역동성에서 뒤처지는 상황으로 핵심기술 미확보 시 경쟁력 상실 우려

❑ 기존 도전·혁신형 R&D는 관리체계 미흡 및 고착화된 단기·위험 회피적 R&D 문화로 파급력 높은 성과 창출이 어려운 상황

❍ 현재의 도전·혁신형 R&D는 기존의 연구개발 방식으로 운영되고 있어, 혁신성과 도전성을 확보하기 위한 지원체계 구축이 어려움

<표 2-2> 국내 도전혁신형 R&D 현황

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

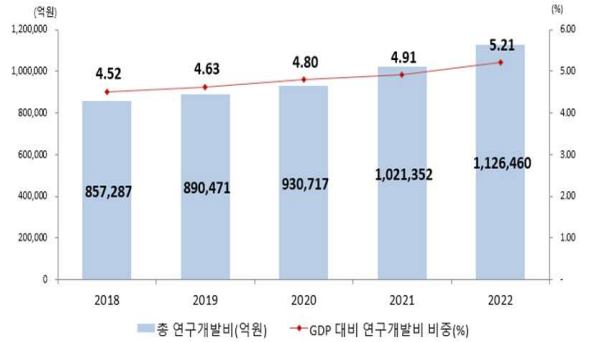
2) UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting 2016.1

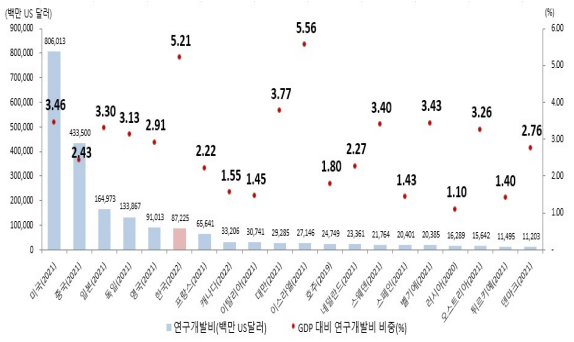
1 R&D 투자 현황

(1) 정부와 민간의 R&D 투자 규모

❑ 2022년 우리나라의 총 연구개발비는 112조 6,460억 원으로 국내총생산 대비 연구개발비 비중은 5.21%로 세계 2위 수준

❍ 연구개발비는 '22년 세계 6위(112조 6,460억 원)로 '21년 5위(102조 1,352억 원)에 비해 하락





<그림2-1> 한국 총 R&D비 및 GDP 대비 비중 추이<그림2-2> 국가별 R&D비 및 GDP 대비 비중 비교

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과, 과학기술정보통신부, 2023.12.7.

❍ '22년 정부의 기초연구개발비는 16조 9,184억 원으로 전체 연구개발비의 15.0%를 차지

- 전년 대비 기초연구비 증가는 대부분 기업과 대학의 증가에 기인한 것으로 파악

<표 2-3> 기초연구개발 단계 연구개발비 현황

(단위: 억 원, %)

구분	2018	2019	2020	2021	2022
정부 R&D 예산	857,287	890,471	930,717	1,021,352	1,126,460
정부 기초연구비	121,805	130,623	134,481	151,002	169,184
정부 R&D 예산 중 기초연구비 비중	14.2	14.7	14.4	14.8	15.0

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.22.

❍ 전략적 연구개발 투자를 위한 기술분야별 예산 산출 시, ICT·SW 분야가 예산 비중이 가장 높은 것으로 나타남

<표 2-4> 9대 기술분야별 R&D 투자 현황('22~'23)

(단위: 억 원, %)

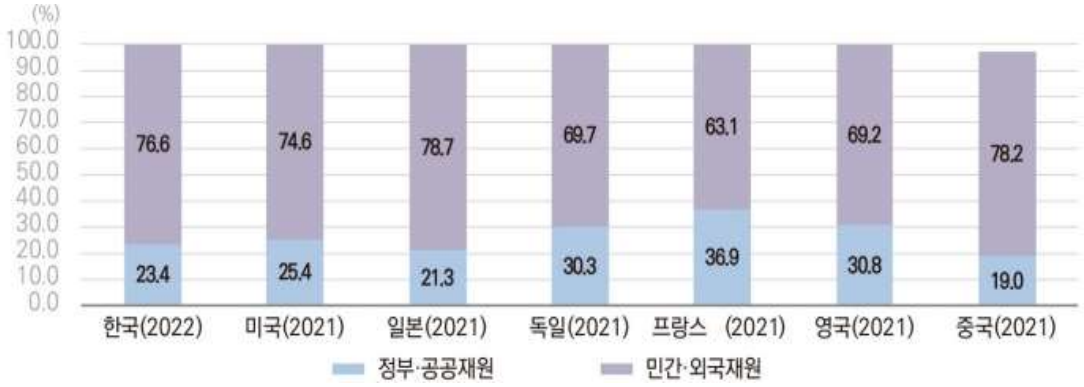
구분	2022년		2023년		증감(B-A)	증감률(B/A)
	예산(A)	비중	예산(B)	비중		
ICT · SW	38,678	13.0	42,166	13.6	3,488	9.0
생명 · 보건의료	36,880	12.4	38,117	12.3	1,236	3.4
에너지 · 자원	21,784	7.3	25,779	8.3	3,995	18.3
소재 · 나노	17,709	5.9	24,038	7.7	6,329	35.7
기계 · 제조	29,317	9.8	29,515	9.5	197	0.7
농림수산 · 식품	16,295	5.5	14,900	4.8	△1,395	△8.6
우주항공 · 해양	18,276	6.1	19,411	6.2	1,134	6.2
건설 · 교통	9,331	3.1	9,106	2.9	△225	△2.4

(단위: 억 원, %)

구분	2022년		2023년		증감(B-A)	증감률(B/A)
	예산(A)	비중	예산(B)	비중		
환경 · 기상	8,139	2.7	9,740	3.1	1,601	19.7
기타	101,359	34.0	98,007	31.5	△3,352	△3.3
합계	297,770	100.0	310,778	100.0	13,008	4.4

* 출처: 2023년도 정부연구개발예산 현황분석, 한국과학기술기획평가원, 2023.06.21.

❍ 우리나라의 정부·공공재원 비율은 중국, 일본을 제외한 다른 주요국보다 낮은 수준



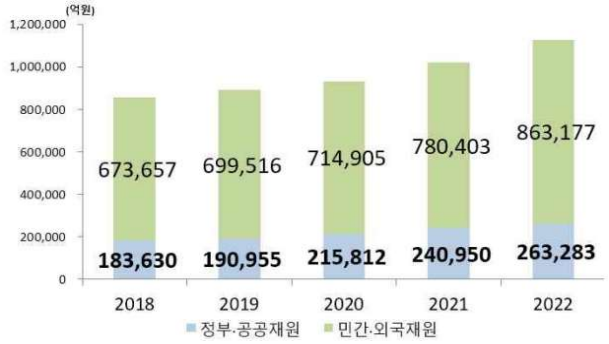
* 출처: 2023년도 정부연구개발예산 현황분석, 한국과학기술기획평가원, 2023.06.21.

<그림2-3> 주요국 재원별 연구개발비 비중

❑ 민간·외국의 연구개발비는 '21년 대비 8조 2,774억 원(10.6%) 증가한 86조 3,177억 원이었으며, 총 연구개발비 중 76.6%의 비중을 차지하고 있는 것으로 조사

❍ 기업의 연구개발비는 꾸준히 증가 추세이며, 주요국 대비 기업체의 연구개발비 비중이 높은 편으로 확인

* 주요국 기업체의 연구개발비 비중: 한국 79.4%(`22), 미국 77.6%(`21), 일본 78.6%(`21), 중국 76.9%(`21), 독일 66.9%(`21), 영국 70.9%(`21)



<그림2-4> 우리나라 재원별 연구개발비



<그림2-5> 우리나라 연구수행주체별 연구개발비

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과, 과학기술정보통신부, 2023.12.7.

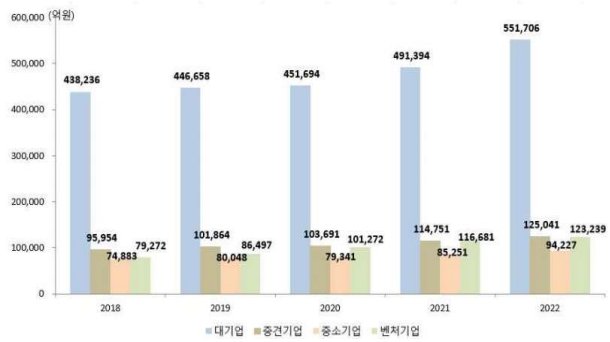
- 기업의 연구개발비 투자는 대부분 개발 단계에 집중되어 있어 기업체의 기초연구비는 9.8조 원으로 전체 기업연구비 중 11.0% 수준으로 확인

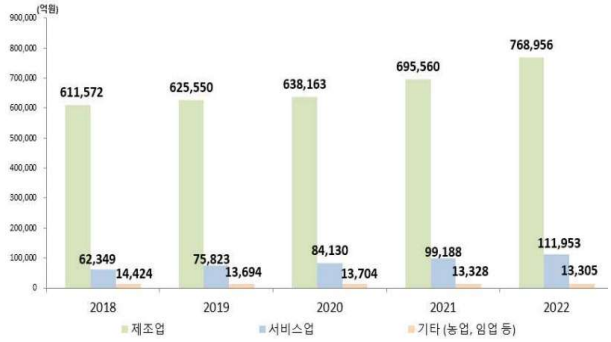
❍ 기업유형별 총 연구개발비는 대기업이 절반 이상인 55조 1,706억 원(61.7%)를 투자하고 있으며, 제조업에서의 연구개발비 지출이 높은 것으로 파악

- 제조업의 연구개발비는 76조 8,956억 원, 서비스업은 11조 1,953억 원으로

조사되었으며, 우리나라의 서비스업 연구개발비 비중은 12.5%로 주요국에 비해 매우 낮은 수준

* 주요국 기업체의 서비스업 연구개발비 비중: 한국 12.5%(`22), 미국 36.9%(`19), 일본 8.5%(`20), , 독일 14.4%(`19), 영국 60.5%(`19), 프랑스 48.2%(`17)





<그림2-6> 우리나라 기업유형별 연구개발비 추이 **<그림2-7> 우리나라 주요 산업의 연구개발비 추이**

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과, 과학기술정보통신부, 2023.12.7.

❍ '22년 기준, R&D 수행기업의 매출액은 2,766조 원으로 매출액 대비 연구개발비 비중은 3.23%로 전년 대비 0.41% 감소한 것으로 조사

- 매출액 대비 연구개발비 비중은 대기업이 3.39%, 중견기업 2.15%, 중소기업 2.58%, 벤처기업 6.38% 순으로 조사되었으며, 매출액 상위 10개 기업의 연구개발비·연구원·박사 연구원 집중도는 모두 전년 대비 모두 하락

* 연구개발비 집중도 △6.8%, 연구원 집중도 △4.8%, 박사연구원 집중도 △6%

➠ 매출액 상위 10개 기업의 연구개발비는 감소하였으며, 상위 11~30위 기업의 연구개발비는 증가

참고 **글로벌 R&D 투자 기업**

❍ 유럽집행위원회에서 발간한 R&D Scoreboard에 따르면, 글로벌 연구개발 투자액 상위 2,500대 기업에서 우리나라 기업 수는 '13년 80개에서 '22년 47개로 감소

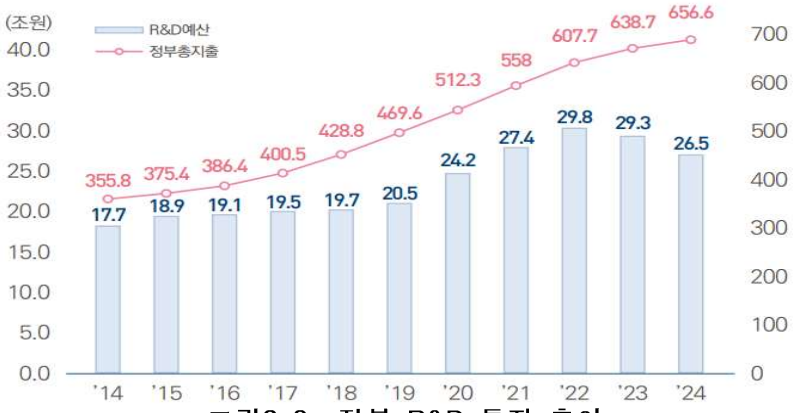
- 우리나라의 연구개발비 투자 점유율은 다소 하락하였으며, R&D 집약도 또한 소폭 하락한 3.4%를 기록

(2) 분야별 R&D 투자 규모 현황

❑ 정부 R&D 투자 추이

❍ '24년 정부 R&D 예산은 26.5조 원으로 일반재정사업으로 재분류된 2.1조 원을 포함한 실질 규모는 총 28.6조 원으로 전년 대비 2.5조 원(7.9%) 감소한 수준

- '24년 정부안 대비 6,217억 원 증가한 금액으로 기초연구 분야 지원에 2,078억 원 증액하였으며, 지존 비효율 낭비 요인을 구조조정하고 도전 혁신적인 R&D에 집중 투자 수행



<그림2-8> 정부 R&D 투자 추이

* 출처: 2024 나라살림 예산개요, 기획재정부, '24.02.05. / '23년, '24년 예산: 이관분 제외

- 민간과 시장에서 연구개발 투자를 하기 어려운 분야에 투자하는 정부 R&D 본연의 역할에 따라 기초·원천 기술과 차세대기술 역량을 키우는데 R&D 예산 집중 활용 계획

<표 2-5> 2024년도 R&D 분야 재정투자 계획

(단위: 억 원, %)

분야	2023년 (a)	2024년 (b)	증감률 ((b-a)/a)
과학기술 · 통신	100,223	92,663	△7.5
산업 · 중소기업 및 에너지	75,714	65,548	△13.4
교육	29,879	13,802	△53.8
보건 · 복지	10,979	12,078	△10.0
SOC	11,030	8,379	△24
기타	82,953	72,899	△12.1
합계	310,778	265,369	△14.6

* 출처: 2024 나라살림 예산개요, 기획재정부, '24.02.05.

- (혁신 R&D) 세계 최고 수준을 지향하며 빠르게 변화하는 글로벌 기술환경 변화에 적극 대응하는 지속 가능한 성장을 위한 R&D 투자에 5.0조 원 예산 투입

➠ '24년 12대 국가전략기술은 전년 대비 7.3% 증액된 5.0조 원 규모로 혁신 기술 내재화에 집중

<표 2-6> 2024년도 R&D 분야 재정투자 계획

(단위: 억 원, %)

분야	2023년 (a)	2024년 (b)	증감률 ((b-a)/a)
인공지능	7,051	7,772	10.2
첨단바이오	8,288	9,772	17.9
양자	1,080	1,252	15.9
반도체 · 디스플레이	6,401	7,368	15.1
이차전지	1,114	1,364	22.4
사이버보안	1,653	1,904	15.2
우주	7,508	8,362	11.4

* 출처: 2024 나라살림 예산개요, 기획재정부, '24.02.05.

- (대규모 전략프로젝트) 첨단분야 중심으로 글로벌 산업 생태계 주도를 위한 대규모 프로젝트를 추진하며, 국가 현안 해결 및 미래 성장동력 확보를 위한 과학기술 및 디지털 분야에서의 변혁적 기술개발을 위한 한계도전 프로젝트 등을 추진

❑ 부처별 R&D 투자 추이

❍ ‘23년 10월 국회예산정책처에서 발표한 2024년도 예산안에 따르면, 총 31개 부처 중 부건복지부, 질병관리청, 식품의약품안전처의 예산안만 증액 편성되었고, 28개 부처는 감액 편성된 것으로 확인

- 과학기술정보통신부의 R&D 예산안은 9.3%(8,959억 원) 감액된 8조 7,599억 원이였으며, 381개의 세부 R&D 사업을 추진 예정

<표 2-7> 2024년도 R&D 분야 부처별 예산안 현황

(단위: 억 원, %)

부처명	2023년 본예산 (a)	2024년 예산안 (b)	증감(b-a)	증감률((b-a)/a)
과기정통부	96,558	87,599	△8,959	△9.3
산업부	54,324	46,838	△7,486	△13.8
방위사업청	50,823	46,424	△4,399	△8.7
중기부	17,701	13,208	△4,493	△25.4
교육부	28,804	11,543	△17,261	△59.9
보건복지부	7,555	8,345	790	10.5
농촌진흥청	9,022	7,174	△1,848	△20.5
해양수산부	8,824	7,147	△1,677	△19.0
기타	37,167	30,874	△6,293	△16.9
합계	310,778	259,152	△51,626	△16.6

* 출처: 2024년도 예산안 총괄 분석 II, 국회예산정책처, ‘23.10.

❍ ‘24년도 과기정통부 R&D 예산은 9조 149억 원이며 그 중 연구개발사업 종합시행계획 대상사업 예산은 5조 8,577억 원

- 과학기술분야 R&D 종합시행계획 대상사업 예산은 4조 6,909억 원으로 기초연구, 원천연구, 사업화, 인력양성, 기반 조성 분야 등을 포함

➟ 과기정통부는 선도형 R&D 혁신으로 글로벌 과학기술·ICT 강국 도약을 위하여 ①혁신과 도전으로 R&D 체질 개선, ②과학기술·ICT로 경제 활력 제고, ③과학기술·ICT 선도국가 도약의 역량 강화 등을 중점 투자하며, R&D 제도혁신 수행 추진

<표 2-8> 2024년도 과기정통부 연구개발사업 종합시행계획 적용대상 사업

구분	과학기술 분야 정부 예산	정보통신방송 분야 정부예산
기초연구	• 기초연구 사업(21,288억 원)	-
원천연구	• 원천기술개발사업(11,956억 원) • 우주기술개발사업(4,531억 원) • 원자력연구개발사업(2,451억 원) • 핵융합연구개발사업(485억 원) • 대형가속기(1,302억 원) • 사회문제해결 연구개발사업(148억 원)	• 정보통신방송연구개발사업(8,929억 원) • 국제공동연구 · 표준화사업(414억 원)
사업화	• 산학연협력/기술사업화사업(2,048억 원)	• ICT기술사업화사업(36억 원)
인력양성	• 과학기술인력양성사업(1,589억 원)	• ICT인재양성사업(1,753억 원)
기반조성	• 과학기술국제화사업(518억 원) • 국제과학비지니스벨트조성사업(592억 원)	• ICT기반조성사업(535억 원)
총계	46,909억 원	11,668억 원

* 출처: 2024년도 과기정통부 연구개발사업 종합시행계획, 과학기술정보통신부, ‘24.1.

참고 | 2022년 연구개발단계별 연구개발비

❑ 기초연구 개발비는 16조 9,184억 원으로 전년 대비 12.0% 증가하였으며, 연구단계별 비중 또한 0.2% 증가

❍ 기업과 대학을 중심으로 기초연구비가 증가하였으며 기업의 기초연구비가 1조 211억으로 증가하여 전체 기초연구비가 증가한 것으로 파악





<그림2-9> 우리나라 연구개발단계별 연구개발비 **<그림2-10> 우리나라 연구개발단계별 연구개발 비중**

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2023.12.

❍ 대학의 기초연구 비중은 39.52%로 가장 높았으며 기업체의 기초연구 비중이 11.0%로 가장 낮은 것으로 확인

<표 2-9> 우리나라 수행주체별, 단계별 연구개발비 추이

(단위: 억 원, %)

구분		2018	2019	2020	2021	2022
공공	기초	23,536(23.9)	25,164(24.7)	25,777(23.2)	26,834(22.4)	30,510(23.6)
	응용	25,690(26.1)	27,340(26.9)	27,806(25.0)	29,885(24.9)	30,472(23.6)
	개발	49,231(50.0)	49,184(48.4)	57,603(51.8)	63,251(52.7)	68,204(52.8)
소계		98,439	101,688	111,186	119,970	129,186
대학	기초	25,335(35.9)	29,375(39.8)	31,321(37.5)	36,393(39.0)	40,687(39.5)
	응용	23,026(32.7)	21,662(29.4)	25,688(30.8)	29,061(31.1)	31,005(30.1)
	개발	22,143(31.4)	22,680(30.8)	26,524(31.8)	27,853(29.9)	31,369(30.4)
소계		70,504	73,716	83,534	93,306	103,061
기업	기초	72,934(10.6)	76,085(10.6)	77,383(10.5)	87,775(10.9)	97,986(11.0)
	응용	139,532(20.3)	151,399(21.2)	147,293(20.0)	155,759(19.3)	163,083(18.2)
	개발	475,879(69.1)	487,583(68.2)	511,322(69.5)	564,543(69.9)	633,144(70.8)
소계		688,344	715,067	735,998	808,076	894,213
전체	기초	121,805(14.2)	130,623(14.7)	134,481(14.4)	151,002(14.8)	169,184(15.0)
	응용	188,247(22.0)	200,401(22.5)	200,786(21.6)	214,704(21.0)	224,560(19.9)
	개발	547,235(63.8)	559,446(62.8)	595,450(64.0)	655,647(64.2)	732,717(65.0)
총계		857,287	890,471	930,717	1,021,352	1,126,460

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2023.12.

(3) 한국연구재단 국책연구본부의 R&D 투자

❑ **한국연구재단은 국가 기초연구지원시스템의 효율화 및 선진화를 목적으로 설립된 연구관리 전문기관으로 '24년 9조 9,324억 원 규모의 연구 지원 수행**

❍ 한국연구재단의 기초연구 R&D 예산은 전년대비 1,758억 원 삭감되었으며, 그 중 과기정통부의 예산이 약 322억 원 감축된 것으로 나타남

- 한국연구재단에서는 과학기술분야 기초연구사업, 인문사회분야 학술연구사업, 국책연구사업, 연구진흥 및 인재양성사업, 국제협력사업 등을 연구 분야를 지원·수행

➡ (국책연구) 거대과학부터 국민 생활과 관련한 미래유망 원천기술까지 전략적으로 지원하는 사업 분야로 개발기술의 원천성 확보 및 실용화 등의 지원을 수행하며 '24년 2조 2,396억 원 규모의 예산 투입

2 그간의 성과 및 한계

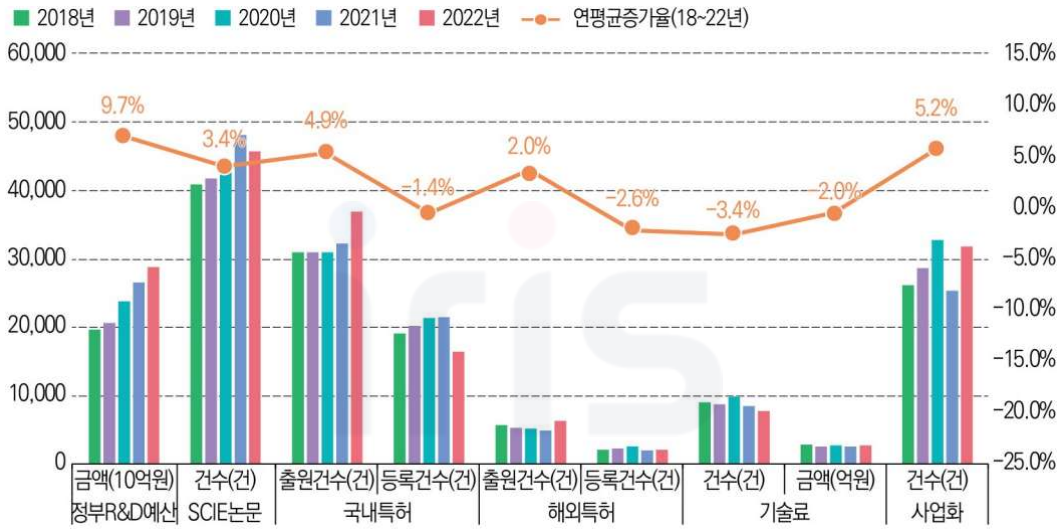
(1) 정부 R&D 성과 현황 및 한계

❑ 2022년 정부 R&D 성과의 최근 5년간 연평균 증가율은 대부분 정부 R&D 투자 증가율(9.7%)을 하회

❍ 전년대비 국내출원특허, 해외출원특허, 사업화 성과, 기술료 징수액은 증가하였으나, SCIE논문, 국내등록특허, 해외등록특허, 기술료 성과는 하락

- 논문은 기초연구(69.3)에서 특허, 기술료, 사업화 성과는 개발연구에서 주로 발생하였으며, 기초연구 비중이 높은 과기정통부가 논문의 성과의 56.2%를 창출

<그림2-11> 최근 5년간('18~'22) 국가연구개발사업 성과 현황



(단위:건, 억 원, %)

구분	과학적 성과	기술적 성과				경제적 성과		
	SCIE 논문	국내 특허		해외 특허		기술료		사업화
		출원	등록	출원	등록	건수	징수액	
2022년	47,101	37,639	18,126	6,192	1,938	7,876	2,671	32,068
2021년	48,381	32,355	21,566	4,969	1,990	8,482	2,629	25,403
2020년	44,563	31,233	21,330	5,171	2,612	9,974	2,790	32,910
2019년	41,919	31,180	20,210	5,305	2,347	8,858	2,582	28,800
2018년	41,143	31,108	19,200	5,711	2,151	9,029	2,892	26,171
전년대비 증가율	-2.6	16.3	-16.0	24.6	-2.6	-7.1	1.6	26.2
연평균 증가율 (`18~`22년)	3.4	4.9	-1.4	2.0	-2.6	-3.4	-2.0	5.2

* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

❍ ‘22년 국가연구개발사업 총 집행액의 31.1%(8조 9,089억 원)를 과기정통부가 차지하였으며, 창출성과의 비중 또한 높은 것으로 나타남

<표 2-10> 2022년도 국가연구개발사업 성과 총괄표

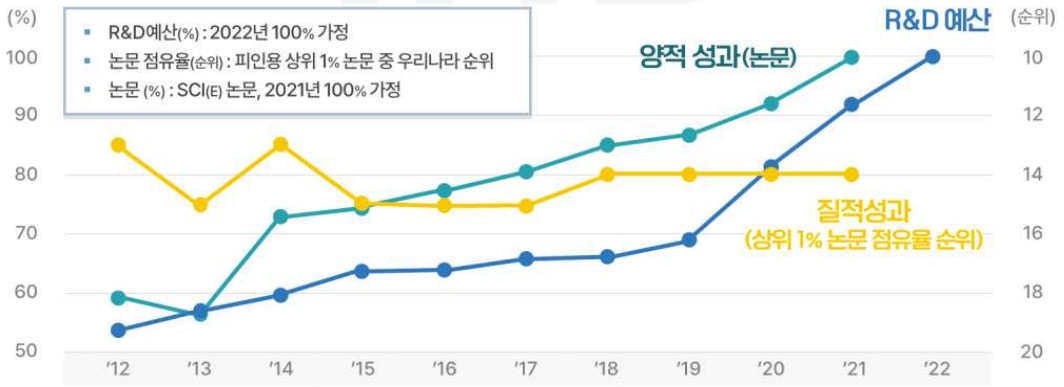
구분		SCIE 논문	국내 특허		해외 특허		기술료	사업화
			출원	등록	출원	등록		
정부 R&D 전체 성과		47,101	37,639	18,126	6,192	1,938	7,876	32,068
부처별	과기부	26,479	13,821	6,419	2,836	812	2,242	1,891
	교육부	12,293	3,595	1,314	1,270	463	1,455	180
	산업부	2,520	7,779	3,067	954	331	2,276	8,917
	복지부	1,471	719	295	229	50	55	67
	기타	4,338	11,725	7,031	903	282	1,848	21,013
연구개발 단계	기초연구	30,395	9,014	5,172	1,884	521	1,311	727
	응용연구	8,343	8,609	3,967	1,729	571	1,966	4,198
	개발연구	5,134	17,068	7,317	1,926	626	3,488	24,219

* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

❍ (한계) ‘22년 우리나라 국내총생산(GDP) 대비 연구개발비 비중은 5.21%로 세계 2위이고 ‘23년 R&D 예산 규모는 세계 5위로 세계적인 수준이었으나 질적 성과 창출은 정체되어 과학기술 역량 향상에 어려움이 존재하는 것으로 파악

- R&D 양적 성과는 최근 10년간 약 1.7배 증가하였으나 질적 성과는 정체된 것으로 조사되었으며, 이는 수요자 기반의 성과 창출이 미흡함에 따른 성과 활용 미비의 결과로 분석

* (양적) 정부 R&D SCIE 논문 수: `12년 28,613편 → `22년 47,101편(`21년 48,381편)
* (질적) 피인용 1% 논문: `12년 15위 → `21년 14위, 미국 대비 기술수준: `12년 77.8% → `22년 81.5%



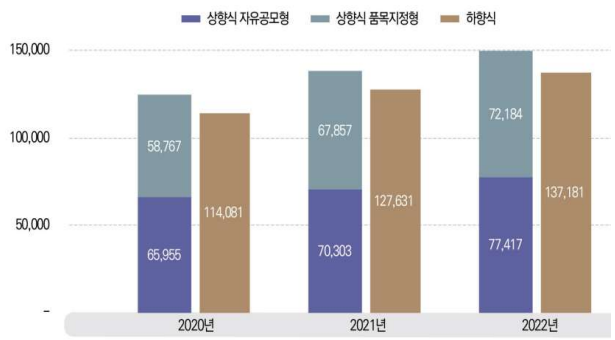
* 윤석열 정부 R&D 혁신방안(안), 관계부처 합동, 2023.11.27.

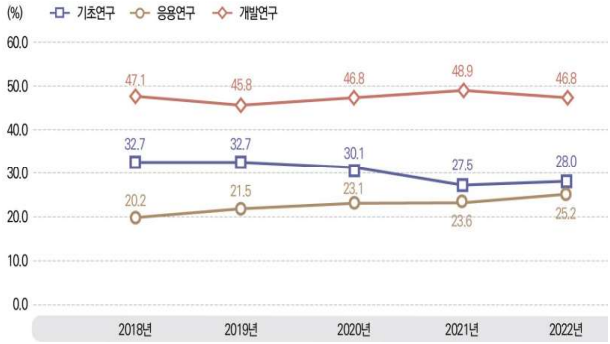
<그림2-12> 최근 10년간 R&D 예산과 R&D 성과 추이

(2) 정부 기초·원천 R&D 성과 현황 및 한계

❑ '22년 기초연구는 상향식 자유공모형 과제를 중심으로 집행되었으며, 과기정통부는 하향식 과제*를 중심으로 수행된 것으로 나타남

* 과학기술정보통신부의 52.9%가 하향식 과제로 집행





* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<그림2-13> 세부과제 지원유형별 집행 추이 <그림2-14> 연구개발단계별 집행 추이

<표 2-11> 2022년도 세부과제 지원유형별 연구개발사업 집행 규모

구분		기초연구		응용연구		개발연구		기타	합계	
		금액	비중	금액	비중	금액	비중		금액	비중
상향식	자유공모	27,573	47.5	5,829	11.1	23,878	24.6	20,137	77,417	27.0
	품목지정	6,761	11.7	19,277	36.8	38,871	40.1	7,274	72,183	25.2
하향식		23,690	40.8	27,232	52.0	34,282	35.3	51,977	137,181	47.8

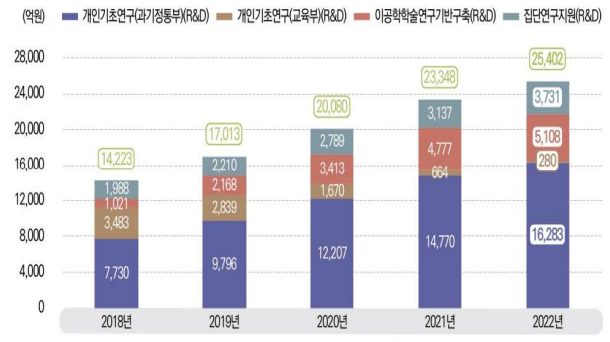
* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

❍ '22년 국가연구개발사업의 과제당 평균 연구비는 신규과제 2.9억 원, 계속과제 4.4억 원

- 연구자 주도의 기초연구사업은 '18년 1조 4,223억 원에서 '22년 2조 5,402억 원으로 최근 5년('18~'22) 연평균 15.6% 증가하여 양적 규모의 성장은 강화 추세

➟ 정부와 민간의 연구개발사업을 모두 포함 시, '22년 기초연구에 16조 9,184억 원을 투자하였으며 이는 전년 대비 1조 8,1825억 원(12.0%) 증가한 수치



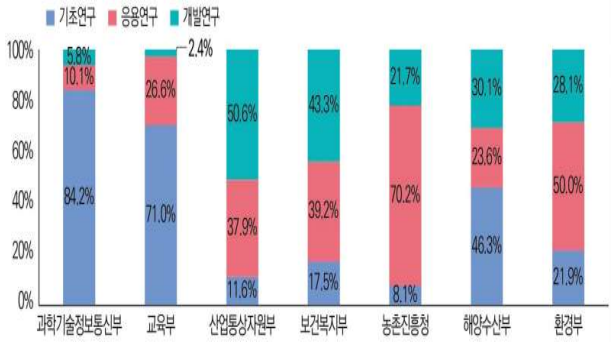


* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<표 2-12> 과제 수와 과제당 연구비 추이 <표 2-13> 기초연구개발사업 투자금액

❑ (과학적 성과) '22년 국가연구개발사업의 SCIE 논문의 69.3%가 기초연구에 발생하였으나 그 비중은 감소 추세

* 기초연구 단계의 SCIE 논문성과 비중: `18년도 76.4% → `20년도 73.4% →`22년도 69.3%





* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<그림2-15> 부처별 연구단계별 논문 비중 현황 **<그림2-16> 연구개발단계별 논문 성과 건수와 비중 추이**

❍ '22년 정부지원금 10억 원당 SCIE급 논문성과는 기초연구가 5.24건으로 가장 높은 수준으로 나타남

- 정부지원금 10억 원당 응용연구에서 1.59건, 개발연구는 0.53건 SCIE 논문성과를 창출하였으며, 이는 기초연구 성과 대비 낮은 수준으로 파악

<표 2-14> 최근 5년('18~'22)간 국가연구개발사업 SCIE 논문성과 현황

(단위: 십억 원/건)

구분	2018	2019	2020	2021	2022
기초연구	6.17	5.97	5.81	5.96	5.24
응용연구	1.53	1.43	1.45	1.82	1.59
개발연구	0.67	0.66	0.64	0.56	0.53

* 출처 : 2022년도 국가연구개발사업 조사분석, 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서 재구성

➟ '22년 우리나라의 발표 논문 건수는 76,100편, 세계 점유율은 3.34%로 '07년 이후 세계 12위를 유지하고 있으며 점유율 또한 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 평가

❍ '22년 게재연도 기준 논문 1편당 피인용수는 1.17회로 전년 대비 0.29회 감소하였으나, 기초연구 과제에서 발생한 SCIE논문은 1편당 1.23회 피인용이 발생하여 연구개발단계 중 가장 높은 것으로 확인됨

- SCIE논문 성과의 표준화된 순위보정영향력지수(mrnIF)는 68.51으로 질적 수준이 증가하였다고 판단되나 이는 정부R&D 사업 평가에 질적 평가를 반영하고 정량지표 사용을 지향함에 따라 논문 위주로 성과가 재편되었기 때문으로 판단

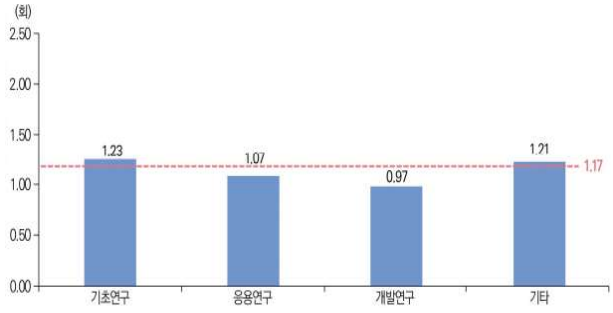
- 기초연구에서 발생한 SCIE논문의 mrnIF는 69.22로 연구개발단계 중 가장 높은 것으로 확인

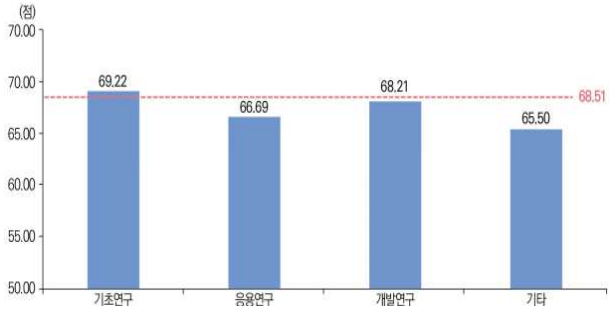
➟ '21년도 SCIE논문 mrnIF: 기초연구 68.68, 응용연구 67.78, 개발연구 65.88, 기타 68.52

- '22년 우리나라 발표 논문의 총 피인용 횟수는 141,188회(12위)로 세계 점유율의 2.14%를 차지

* `18년~`22년 우리나라 논문 1편당 평균 피인용 횟수는 9.26회이며 세계 35위로 낮은 수준
: (`16년~`20년) 7.62회, 31위 → (`17년~`21년) 8.58회, 33위 → (`18년~`22년) 9.26회 35위

➟ 연구원 천명 당 SCI 논문 수 및 인용도 순위는 최근 5년간('18년~'22년) 25위로 OECD 국가 중 하위권





* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<그림2-17> 연구개발단계별 SCIE논문 1편당 피인용 수

<그림2-18> 연구개발단계별 mrnIF

❍ (한계) 기초연구의 과학기술적 성과가 양적·질적 성장을 이뤘음에도 불구하고 세계 수준과의 여전히 격차가 존재하는 것으로 판단

- 한국의 논문 생산성 및 질적 수준은 전반적인 과학기술 혁신 역량 수준에 비해 낮은 수준으로 기초연구 분야의 R&D 투자가 중·장기적인 성과로 연결되기 위해서는 연구 성과의 질적 혁신이 필요

* 성과 부문의 경우 자원과 같은 투입 부분에 비해 단기간 상승이 어려워 장기적인 개선 노력 요구

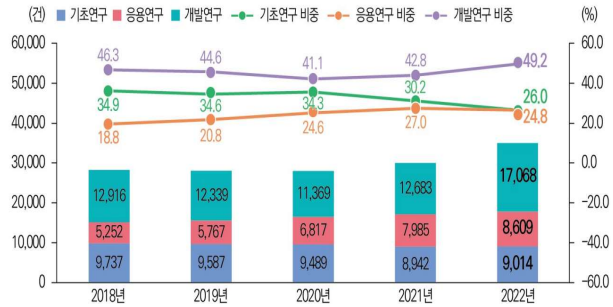
❑ (기술적 성과) 국내특허에서 출원특허 성과는 전년대비 16.3% 증가한 반면, 등록특허 성과는 전년 대비 16.0% 하락

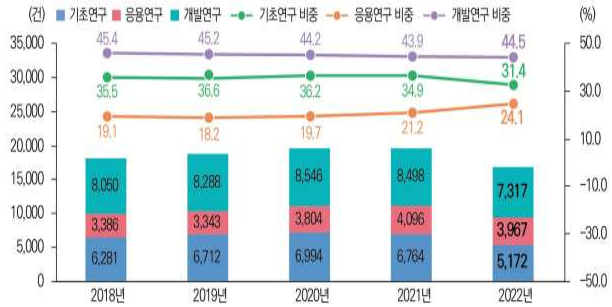
❍ 기초연구에서 창출된 등록특허는 전년 대비 1,593건 감소한 5,162건으로 가장 큰 감소폭을 보였으며, 출원특허는 전년 대비 71건 증가하였으나 연구개발단계 중 가장 낮은 성장폭을 기록

- 기초연구에서 창출된 국내특허 출원·등록 비중은 모두 전년 대비 감소

➟ 과기정통부에서 창출된 국내특허 출원 성과의 47.0%는 기초연구 개발단계에서 창출된 것으로 확인되며, 국내특허 등록 성과는 52.0%가 기초연구에서 창출

➟ 과기정통부는 해외 권리확보가 중요한 첨단 R&D 비중이 높아 해외특허 전환율이 높으며 고부가가치 특허가 상대적으로 많은 것으로 파악



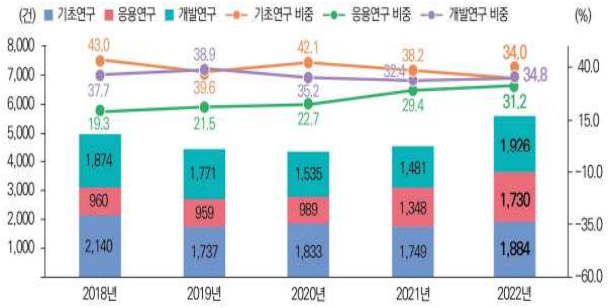


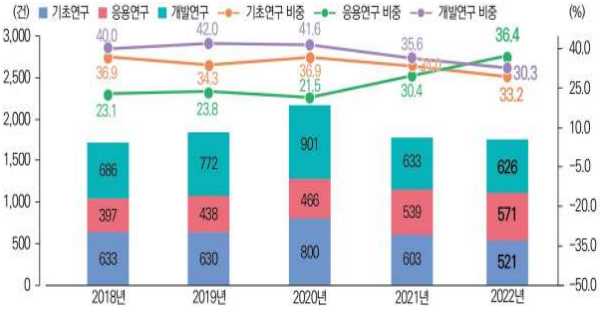
* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<그림2-19> 연구개발단계별 국내 출원특허 건수 및 비중

<그림2-20> 연구개발단계별 국내 등록특허 건수 및 비중

❍ 기초연구개발 단계에서 창출된 해외 출원특허는 전년 대비 증가하였으나 비중은 감소하였고 해외 등록특허는 건수와 비중 모두 감소한 것으로 확인됨





* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<그림2-21> 연구개발단계별 해외 출원특허 건수 및 비중 **<그림2-22> 연구개발단계별 해외 등록특허 건수 및 비중**

❍ '22년 정부지원금 10억 원당 국내특허 등록 성과는 기초연구에서 0.89건으로 가장 높은 수준으로 나타남

- 정부지원금 10억 원당 응용연구에서 0.76건, 개발연구는 0.75건의 등록특허를 창출하였으나 기초연구 성과 대비 낮은 수준으로 파악

<표 2-15> 최근 5년('18~'22)간 국가연구개발사업 국내등록 특허 성과 현황

(단위: 십억 원/건)

구분	2018	2019	2020	2021	2022
기초연구	1.41	1.45	1.38	1.27	0.89
응용연구	1.22	1.10	1.75	0.90	0.76
개발연구	1.25	1.28	1.09	0.90	0.75

* 출처 : 2022년도 국가연구개발사업 조사분석, 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서 재구성

❍ 최근 5년('18년~'22년) 정부 R&D 사업에서 발생한 국내특허의 우수특허 비율은 4.5%이며 기초연구단계에서 창출된 특허 성과의 우수특허는 3.5%로 연구개발단계 중 가장 낮은 것으로 나타남

* 정부R&D 국내특허의 우수특허 비율: (`21) 4.3% → (`22) 4.5%
민간R&D 국내특허의 우수특허 비율: (`21) 7.2% → (`22) 7.6%

** 연구개발단계별 특허성과의 우수특허 비율: 기초연구 3.5%, 응용연구 5.2%, 개발연구 4.8%, 기타 4.1%

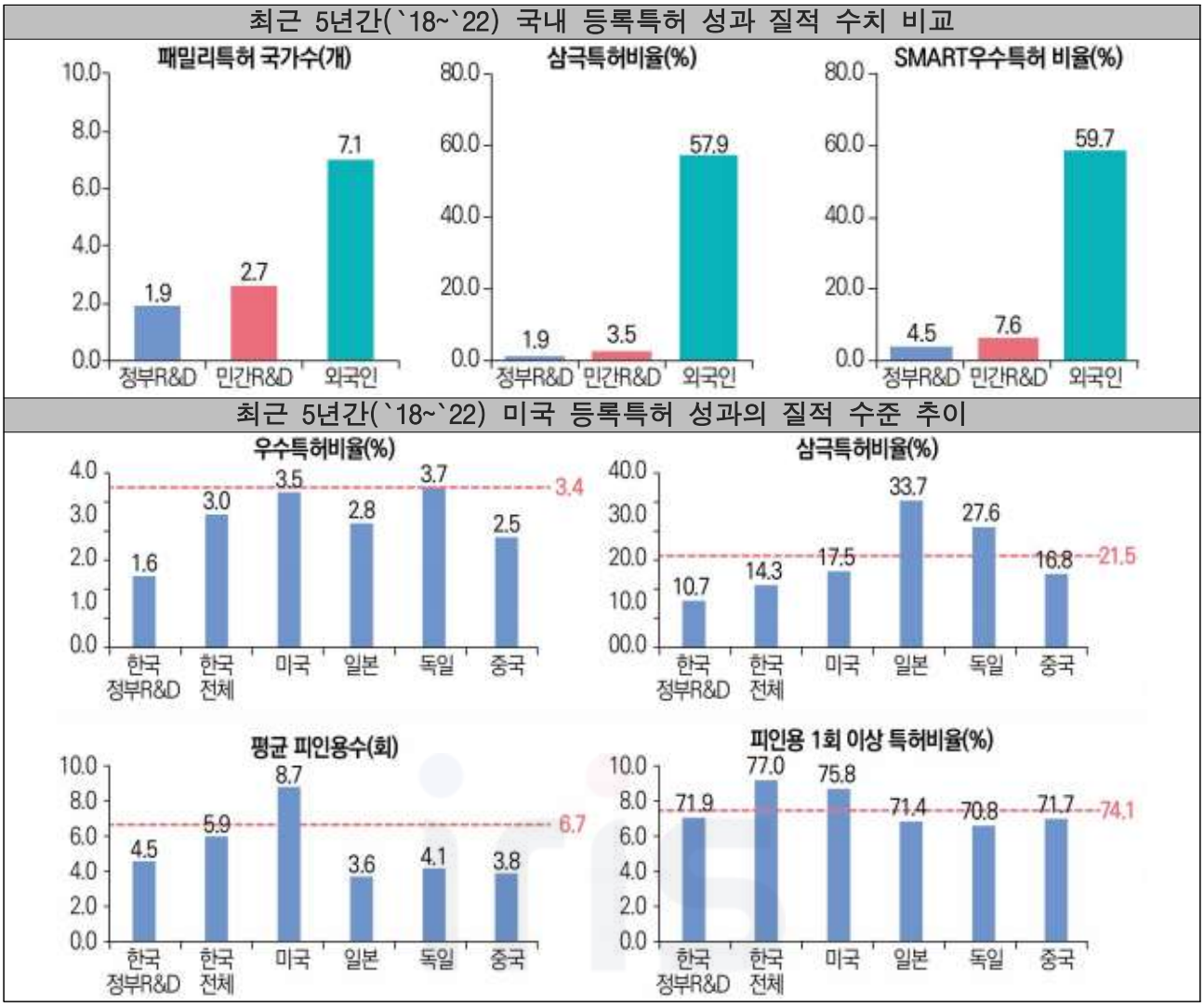
- '22년 정부 R&D 특허 활용 성과는 전년 대비 감소하였으며, 특화 관련 사업화 방식은 기술보유자의 직접사업화 위주(90.8%)로 확인

* 정부 R&D 사업화(건) (`21)32,589 → (`22) 25,170
특화 관련 사업화(건) (`21) 18,061 → (`22) 13,172

** 직접사업화: 11,962건(90.8%), 기술이전 사업화: 1,201건(9.2%)
상품화: 11,557건(87.7%), 공정개선: 1,187건(9.0%), 창업: 428건(3.2%)

❍ 정부 R&D 특허의 해워출원 평균 국가 수는 1.9개국, 삼극특허 비율도 1.9%로 민간R&D 특허 수치보다 낮으며, 정부 R&D 특허 중 미국에 등록된 특허의 우수특허비율은 1.6%로 우리나라 전체 특허에서의 우수특허비율 3.0%와는 격차 존재

<표 2-16> 등록특허 성과의 질적 수준



* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

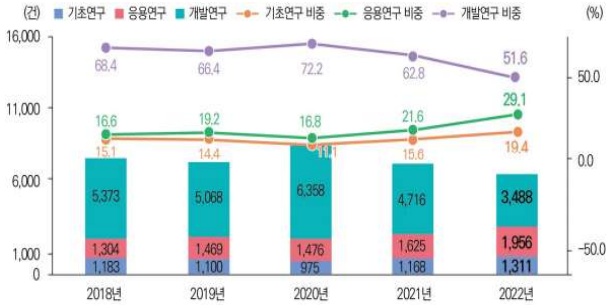
❍ (한계) 정부연구개발투자 당 국내 등록 특허 성과는 감소 추세이며 양적 성과지표(삼극특허 등록 건수, '20년 3,244건 세계 4위)에 비해 질적 수준은 낮은 수준

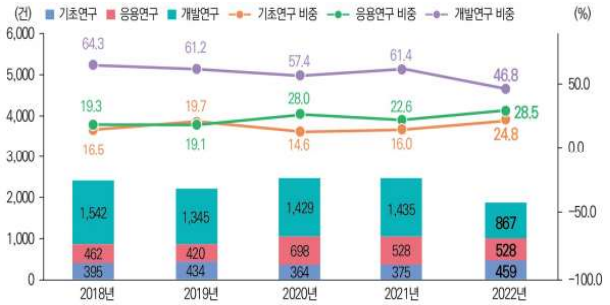
➡ 연구개발단계별 특허 1건당 기술료는 기초연구(31.4백만 원), 응용연구(30.3백만 원), 개발연구(28.9백만 원) 순으로 높은 것으로 나타났으며 기술료 수입이 낮은 원인으로 낮은 사업화 성공률과 기술이전 관련 전문인력 부족 등이 원인으로 뽑힘

❑ (경제적 성과) '22년 우리나라의 GDP 대비 지식재산사용료 비중은 세계 17위로 전년 대비 1단계 하락

❍ '22년도 기술료 성과는 개발연구 과제를 중심으로 창출되었으며, 기초연구의 징수 건수는 전년 대비 12.2%, 1건당 징수액은 0.35억 원으로 전년 대비 0.03억 증가

- 과기부의 기술료 징수 건수는 2,242건(28.5%, 2위)이며, 징수액은 910억 원(34.1%, 1위)으로 기술료 성과가 타 부처 대비 우수한 것으로 파악





* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<그림2-23> 연구개발단계별 기술료 징수 건수 및 비중 <그림2-24> 연구개발단계별 기술료 징수액 및 비중

❍ '22년 정부지원금 10억 원당 기술료 징수액 성과는 기초연구에서 0.23건으로 가장 낮은 수준으로 나타남

<표 2-17> 최근 5년('18~'22)간 국가연구개발사업 기술료 징수액 성과 현황

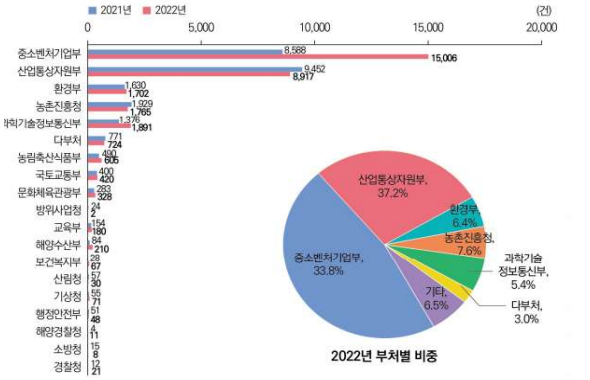
(단위: 십억 원/건)

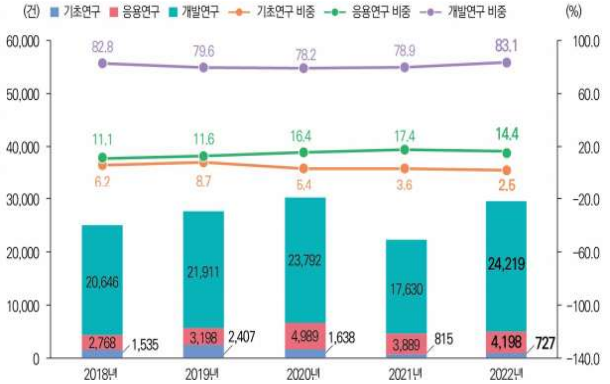
구분	2018	2019	2020	2021	2022
기초연구	0.26	0.24	0.19	0.22	0.23
응용연구	0.47	0.48	0.38	0.36	0.38
개발연구	0.83	0.78	0.81	0.50	0.36

* 출처 : 2022년도 국가연구개발사업 조사분석, 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서 재구성

❍ '22년도 사업화 성과는 전년 대비 26.2% 증가한 32,068건으로 그 중 과기정통부는 1,891건으로 전체의 5.9% 비중을 차지하였으며 기초연구 과제에서 발생한 사업화 성과는 전년 대비 10.8%(88건) 감소한 것으로 나타남

- 기초연구의 사업화 성과는 미비하며 최근 4년('19~'22) 감소 추세를 기록





* 출처: 2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2024.02.

<그림2-25> 부처별 사업화 성과 추이('21~'22) <그림2-26> 연구개발단계별 사업화 건수 및 비중

❍ ‘22년 정부지원금 10억 원당 사업화 성과는 기초연구에서 0.13건으로 가장 낮은 수준으로 나타남

- 사업화 성과는 개발연구를 중심으로 창출되고 있으며 기초연구의 사업화 성과는 기초연구 R&D 투자금액 대비 매우 낮은 것으로 나타남

<표 2-18> 최근 5년(‘18～‘22)간 국가연구개발사업 사업화 성과 현황

(단위: 십억 원/건)

구분	2018	2019	2020	2021	2022
기초연구	0.34	0.52	0.32	0.15	0.13
응용연구	1.00	1.05	1.28	0.85	0.80
개발연구	3.21	3.38	3.02	1.86	2.50

* 출처 : 2022년도 국가연구개발사업 조사분석, 국가연구개발사업 성과조사분석 보고서 재구성

❍ (한계) 기초연구의 과학·기술적 성과는 타 연구개발단계 대비 높으나 기초연구의 경제적 성과는 낮은 수준

- 기초연구 성과가 후속 연구 및 기술개발로 연계될 수 있는 지원체계가 부족하다 판단되며, 기존 국가 R&D 사업이 단기적 성장을 위한 추격형 방식을 전략적으로 수행함에 따라 장기적 지원이 필요한 기초·원천 연구의 경제적 성과가 낮은 것으로 판단

➟ 우리나라는 GDP 대비 지식재산사용료 수입 비중이 OECD 평균에 크게 하회하며 투자대비 성과는 미흡한 것으로 나타남

(3) 한국연구재단 국책사업 성과 현황 및 한계

❑ (개요) 과학기술정보통신부는 한국연구재단 국책연구본부를 통해 국책연구개발 사업을 지원하였으며 '22년 2조 2,806억 원의 정부출연금을 투자

<표 2-19> 한국연구재단 국책연구본부 R&D 사업 전체 협약 금액

(단위: 억 원, %)

프로그램	2021년		2022년		증감	
	금액(a)	비율	금액(b)	비율	금액(b-a)	증감률
미래유망원천기술	12,524	58.4	12,273	53.8	947	7.6
탄소중립기반구축			1,198	5.3		
우주개발진흥	3,746	17.5	4,619	20.3	873	23.3
원자력진흥	2,555	11.9	2,389	10.5	△166	△6.5
국민생활개선	619	2.9	628	2.8	85	13.8
과학기술혁신지원			77	0.3		
정보통신융합산업	70	0.3	0	-	△70	종료
과학기술기반조성	849	4.0	42	0.2	△807	△95.1
기초연구진흥	828	3.9	1,068	4.7	240	29.0
원자력연구개발기금운영비	35	0.2	15	0.1	△20	△57.1
과학기술인재양성	212	1.0	445	2.0	233	110.0
과학기술국제협력	0	-	52	0.2	52	신규
전체 합	21,438	100.0	22,806	100.0	1,368	6.4

* 일부 사업의 경우, 2021년 대비 2022년에 프로그램 간 이동 / 보완과제, 기평비 제외
* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

❍ '22년 1,669개의 과제를 수행하였으며, 하향식(Top-dowm)과 상향식(Bottom-up) 과제기획을 통해 국가의 전략적 기술개발과 연구 현장의 의견 수렴을 적절히 수행

<표 2-20> 한국연구재단 국책연구본부 R&D 사업 총 투자 현황

(단위: 개, 백만 원)

프로그램	신규과제		계속과제		총 투자	
	과제 수	연구비	과제 수	연구비	과제수	연구비
미래유망원천기술	302	354,564	694	872,776	996	1,227,340
우주개발진흥	43	234,288	36	227,661	79	461,949
원자력진흥	130	62,216	156	176,700	286	238,916
국민생활개선	34	9,875	38	52,881	72	62,756
과학기술기반조성	1	4,206	-	-	1	4,206
기초연구진흥	47	3,763	7	103,043	54	106,806
과학기술인재양성	26	20,813	31	23,700	57	44,513
탄소중립기반구축	24	44,100	47	75,666	71	119,766
과학기술혁신지원	16	7,170	2	500	18	7,670
원자력연구개발기금운영비	28	1,540	-	-	28	1,540
과학기술국제협력	7	5,200	-	-	7	5,200
전체 합	658	747,735	1,011	1,532,927	1,669	2,280,662

* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

- ‘23년 1월 기준, 국책연구본부의 인력은 109명으로 그 중 PM은 10명으로 조사

<표 2-21> 국책연구본부 인력

(단위: 명)

프로그램	PM	연구직			공무직		사업 위촉직	합계
		책임급	선임급	원급	관리직	지원직		
국책연구본부장	-	-	-	-	-	-	-	-
기술단(11단)	10	8	12	21	9	14	9	83
바이오 그룹	3	2	3	4	2	4	4	22
전자 · 정보 그룹	4	2	3	7	4	4	1	25
거대 · 에너지 그룹	3	4	6	10	3	6	4	36
국책연구전략팀(2팀)	-	3	4	1	-	3	1	12
국책사업평가실(2팀)	-	5	2	3	-	3	1	14
합계	10	16	18	25	9	20	11	109

* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

❍ (성과) ‘22년도 말까지 등록된 국책연구본분의 연구성과는 10,804건이며 72.1%에 해당하는 7,788건이 미래유망원천기술 프로그램에서 창출된 것으로 나타남

- 개발기술의 성숙도 단계별로 확인 구분 시, TRL 3~4단계의 기능 및 개념검증과 연구실 환경 테스트를 수행하는 실험 단계가 57.4%로 절반 이상을 차지

➟ TRL 2~4단계의 비중이 73.7%로 대부분을 차지하고 있으며, 국책연구사업의 성과는 기초연구단계~실험단계 사이의 기초·원천성을 지니는 것으로 파악됨

<표 2-22> 프로그램별 기술성숙도(TRL) 단계별 현황 및 연도별 현황

(단위: 건)

구분	기초연구단계		실험단계		시제품 · 시작품 제작단계		제품화 단계		사업화 단계	합계
	TRL1	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7	TRL8	TRL9	
미래유망원천기술	666	1,118	2,947	1,800	335	325	401	108	88	7,788
우주개발진흥	34	77	195	128	54	27	37	21	21	594
원자력진흥	160	472	560	391	120	69	83	33	34	1,922
국민생활개선	20	51	71	87	33	54	48	13	9	386
과학기술기반조성	2	2	1	1	1	0	0	0	0	7
기초연구진흥	0	1	1	2	0	9	0	0	2	15
원자력연구개발기금운영비	20	42	12	0	0	0	4	5	9	92
합계	902	1,763	3,787	2,409	543	484	573	180	163	10,804

구분	TRL1	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7	TRL8	TRL9
2019년(누적)	788	1581	3289	1969	450	390	489	140	145
2020년(누적)	900	1751	3773	2398	540	477	566	178	163
2021년(누적, a)	902	1753	3782	2406	543	481	570	179	163
2022년(누적, b)	902	1763	3787	2409	543	484	573	180	163
증가(b-a)	-	10	5	3	-	3	3	1	-

* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

- ‘21년 기준, 연구개발비(연구활동+연구인프라) 10억 원당 SCI논문 성과는 4.2건, 국내 특허 출원건수는 1.34건, 국내 특허등록은 0.67건으로 파악

➟ ‘21년 과기정통부 주요R&D사업의 연구비 10억 원당 과제별 기여율을 고려한 SCI 논문 수는 5.17건이며 중복을 배제한 국내 특허등록 수는 0.7건으로 재단의 국책연구에서 창출된 성과는 과기정통부 주요R&D사업 창출성과에 비해 낮은 것으로 나타남

<표 2-23> 2021년 과기정통부 주요 R&D 사업의 연구비 10억 원당 창출성과 실적

(단위: 억원, 건)

구분	연구개발비	SCI논문		국내 등록특허	
		건수	10억원 당	건수	10억원 당
국가전체	1,021,352	83,680	0.82	110,351	1.08
주요 R&D 사업 (기여율 비고려)	37,569	37,286	9.92	3,051	0.81
주요 R&D 사업 (중복배제)	37,569	26,856	7.15	2,620	0.70
주요 R&D 사업 (기여율 고려)	37,569	19,425	5.17	2,070	0.55

❍ (과학적 성과) ‘21년 기준, 국책연구본부의 논문게재 실적은 8,677건이었으며 그 중 원천기술개발을 통해 창출된 논문이 7,496건(86.4%)으로 대부분을 차지

- 국책연구본부의 기초연구와 원천기술개발 사업의 성과는 국책연구본부 전체의 평균을 뛰어넘는 우수한 질적 수준을 창출한 것으로 파악

<표 2-24> 최근 5년(‘17～‘21) SCI논문 게재 현황 및 질적 수준 분석

(단위: 건)

프로그램	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
과기정통부 전체	24,588	26,571	28,312	32,443	37,286
재단 주요R&D사업 전체	33,804	37,035	40,025	43,731	48,569
국책연구본부 전체	6,663	7,223	7,633	8,001	8,060
기초연구	67	109	90	93	143
원천기술개발	5,398	5,920	6,439	6,910	7,025
원자력연구개발	755	761	741	711	689
거대과학연구개발	433	433	363	287	203

프로그램	평균 IF	표준화된 순위보정 영향력지수(mrnIF)	JCR 상위 10%	JCR 상위 5%
과기정통부 전체	7.43	71.46	7,403	2,338
재단 주요R&D사업 전체	7.07	70.28	8,861	2,816
국책연구본부 전체	6.49	70.20	1,966	626
기초연구	6.99	72.51	28	2
원천기술개발	9.05	75.08	1,843	596
원자력연구개발	5.01	66.58	67	24
거대과학연구개발	4.89	66.61	28	4

* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

❍ (기술적 성과) 국책연구본부의 특허 출원 실적은 총 3,432건으로 전년 대비 1.3% 증가하였으며, 등록 실적은 1,461건으로 특허의 출원·등록을 합하면 재단 주요 R&D 사업 창출 성과의 32.8%가 국책연구에서 창출된 것으로 조사

- 국내 특허출원 실적은 전년 대비 1.9% 감소하였으나 국외 특허출원 실적은 12.3% 증가한 것으로 조사되었으며, 국내 특허등록 실적은 전년 대비 4.1% 감소하였으며 국외 특허등록 실적 또한 23.9% 감소한 것으로 나타남

<표 2-25> 최근 5년('17~'21) 국내 특허출원·등록 현황

(단위: 건)

구분	2017년		2018년		2019년		2020년		2021년	
	출원	등록	출원	등록	출원	등록	출원	등록	출원	등록
과기정통부 전체	6,179	2,914	6,406	2,615	6,033	2,631	6,560	2,941	7,177	3,051
재단 주요 R&D 사업 전체	7,657	3,633	8,028	3,286	7,720	3,308	8,109	3,753	8,709	3,802
국책연구본부 전체	2,527	1,193	2,930	1,036	2,639	1,090	2,613	1,341	2,563	1,286
기초연구	1	0	1	1	0	1	1	0	-	-
원천기술개발	2,098	1,007	2,469	851	2,297	893	2,359	1,152	2,336	1,172
원자력연구개발	244	119	263	100	226	140	198	135	196	89
거대과학연구개발	184	67	197	84	116	56	55	54	31	25

<표 2-26> 최근 5년('17~'21) 국외 특허출원·등록 현황

(단위: 건)

구분	2017년		2018년		2019년		2020년		2021년	
	출원	등록	출원	등록	출원	등록	출원	등록	출원	등록
과기정통부 전체	1,613	396	1,810	339	1,532	369	1,577	412	1,842	305
재단 주요 R&D 사업 전체	1,802	424	2,035	371	1,729	393	1,799	445	2,083	331
국책연구본부 전체	873	205	980	177	873	205	774	230	869	175
기초연구	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-
원천기술개발	810	186	893	156	808	181	718	201	829	165
원자력연구개발	40	19	55	20	53	22	42	22	33	7
거대과학연구개발	23	0	32	1	12	2	14	7	6	3

* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

- 특허의 질적 수준 판단을 위한 SMART 분석 시, 국책연구본부 소관사업 중 A등급을 받은 사업은 11건으로 모두 원천기술개발 사업으로 확인됨

➠ 한국연구재단 주요 R&D 사업의 특허 SMART A등급 성과의 26.8%는 국책연구에서 창출된 성과로 국책연구사업에서 창출된 성과는 질적으로 우수한 것으로 판단됨

* `21년 재단 주요 R&D 사업에서 창출된 전체 등록 특허 성과 중 SMART A등급을 받은 특허는 1.1%

<표 2-27> 특허 SMART 분석 결과

(단위: 건)

구분	A등급	B등급	C등급	합계
과기정통부 전체	35	1,946	1,069	3,050
재단 주요 R&D 사업 전체	41	2,415	1,345	3,801
국책연구본부 전체	11	825	450	1,286
기초연구	-	-	-	-
원천기술개발	11	754	407	1,172
원자력연구개발	-	57	32	89
거대과학연구개발	-	14	11	25

* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

❍ (경제적 성과) ‘21년 기준, 한국연구재단 전체의 전반에 해당하는 78건의 기술실시계약 체결실적이 국책연구본부에서 수행되었으며, 전체 26.5%의 기술실시계약 체결실적 금액이 국책연구본부에서 창출된 것으로 나타남

- ‘21년 국책연구본부의 기술료 징수실적 금액은 67억 원으로 재단 전체의 61.8%를 차지하며, 그 중 원천기술개발 사업이 66억(98.5%)의 기술료 징수 성과를 창출

<표 2-28> 2021년 사업화 형태

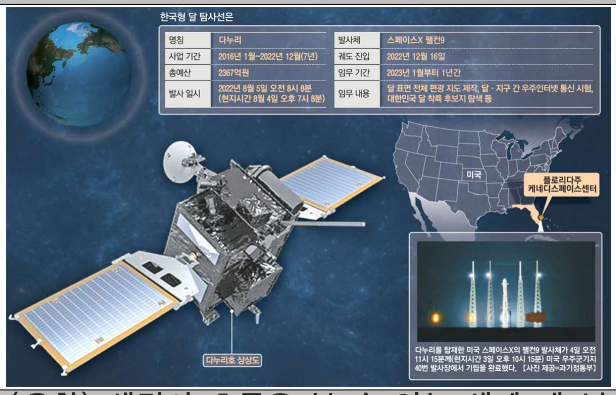
(단위: 건)

구분	직접사업화			기술이전		합계
	기존업체-상품화	창업	기존업체-공정개선	기존업체-상품화	창업	
재단 주요 R&D 사업 전체	21	31	1	8	1	62
국책연구본부 전체	11	12	1	5	-	29
원천기술개발	7	10	1	4	-	22
원자력연구개발	2	1	-	1	-	4
거대과학연구개발	2	1	-	-	-	3

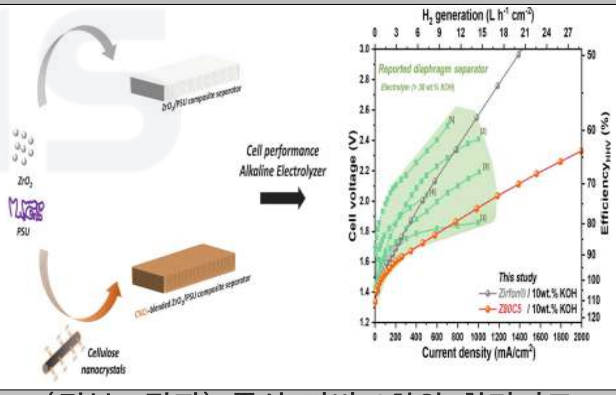
* 출처: 2022년도 국책연구사업 성과분석 보고서, 한국연구재단, 2023.12.

❍ (대표성과) 국내외 최초 기술개발, 핵심기술 국산화 등 글로벌 과학기술 패권 경쟁 우위 선점을 위한 다양한 분야에서의 전략적 연구개발 수행 및 성과 창출

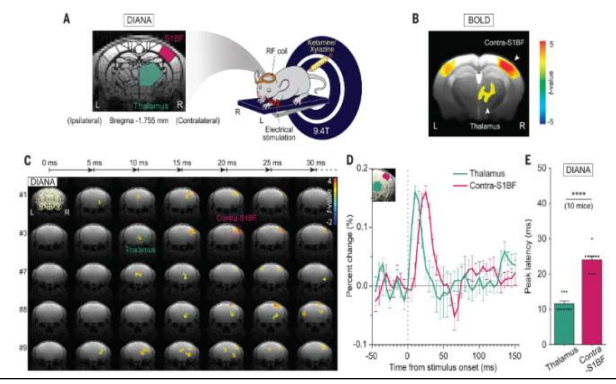
(생명 · 해양) 국내 최초 달 궤도선 다누리 개발 및 발사 성공



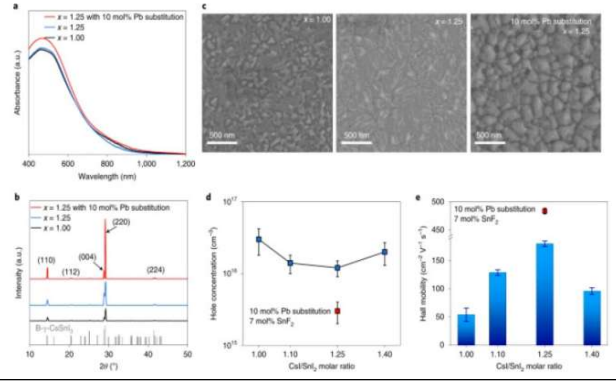
(에너지 · 환경) 탄소중립 사회 구현을 위한 그린수소 생산 물 전기분해 핵심기술 국산화



(융합) 생각의 흐름을 볼 수 있는 생체 내 뇌 신경활동 영상 기술 세계 최초 개발



(정보 · 전자) 주석 기반 3차원 할라이드 페로브스카이트 P형 트랜지스터 세계 최초 보고



❍ (한계) 국책사업으로 수행되는 과제들은 대부분 기초~실험단계의 과제들로 사업의 창출 성과는 질적으로 우수한 것으로 판단되나 창출성과 건수 대비 사업화 완료 건수는 적은 것으로 판단됨

(4) 연구개발사업 성과 창출 시사점

❑ **정부 및 민간기업의 R&D는 단기적·양적 성과 중심으로 확대되어 왔으며, 이는 기술수출이 아닌 기술도입을 증가시켜 과학기술의 대외의존도 향상시키는 결과를 초래**

❍ 단기성과 중심의 R&D는 혁신기업 증가 및 기업 성장을 어렵게 만들며, 미국·중국에 대한 기술 의존도를 높이는 것으로 파악됨

* 클래리베이트 선정 세계 100대 혁신기업 수: 한국 (`21)5개→(`24)8개, 중국 (`21)4개→(`24)5개, 일본 (`21)29개→(`24)38개

* 보스턴컨설팅 선정 세계 50대 혁신기업 수: 한국 (`21)3개→(`23)1개, 중국 (`21)5개→(`23)8개, 일본 (`21)4개→(`23)3개

- 미국, 중국, 일본 등 선진국들은 기술 국산화 등을 통하여 자국 내에서 기술적 수요를 충족하고 있으나, 우리나라는 기술무역수지비(수출/도입)가 하락하는 등 기술 확보에 어려움을 겪는 것으로 판단

- 우리나라는 반도체·AI·자동차 등 첨단기술의 대외 의존도 비중이 큼에 따라 기술패권 경쟁 심화에 대응하기 위한 핵심기술 확보 및 보호에 필요한 시점

❍ 글로벌 기술 경쟁력 확보 및 우위선점을 위해선 新 시장·新 산업을 창출에 높은 파급력 보여주며 기존 생태계를 변화시킬 수 있는 혁신적인 기술개발이 필요

- 수요 위주의 연구개발 및 기초·원천성 높은 기술개발을 통하여 창출 성과의 활용을 높일 수 있는 질적으로 우수한 연구개발 및 성과 창출이 필요

3 R&D 인프라 현황

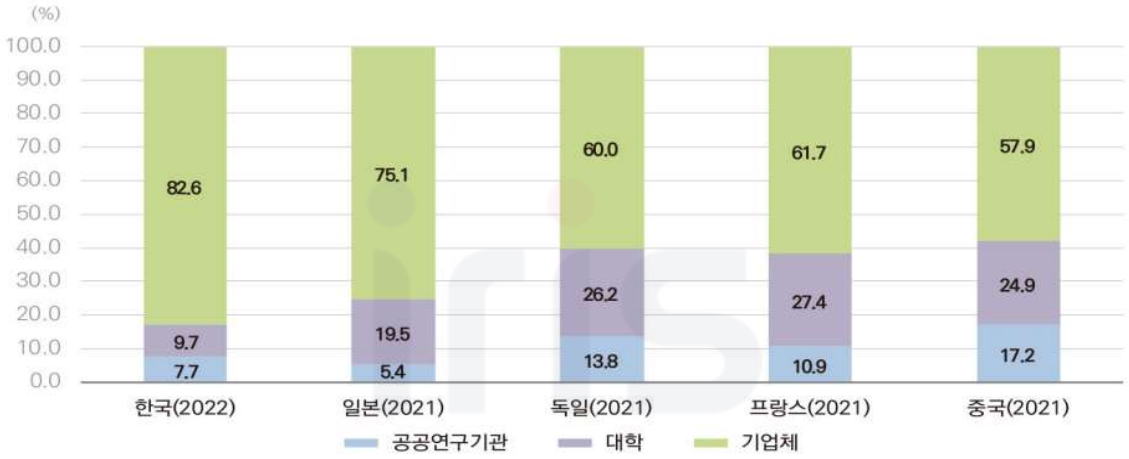
(1) 국내 연구개발인력 현황

❑ '22년 우리나라 총 연구원은 601,530명이고, 연구 참여 비율을 고려한 상근상당 연구원 수(FTE)는 488,774명으로 세계 4위 수준

❍ 연구보조원을 포함한 총 연구개발 인력은 813,763명으로 전년 대비 연구원 및 연구개발 인력은 증가 추세이며, 연구수행 주체별 연구원 수는 기업 443,270명(73.7%), 대학 114,854명(19.1%), 공공연구기관 43,406명(7.2%) 순으로 파악

- FTE기준 우리나라 기업체 연구원 비율은 주요국에 비해 높은 수준

➡ 우리나라 대학 연구원 비율(9.7%)은 주요국 대비 낮은 수준



<그림2-27> 주요국 연구수행주체별 연구원 비율(상근상당 연구원 기준)

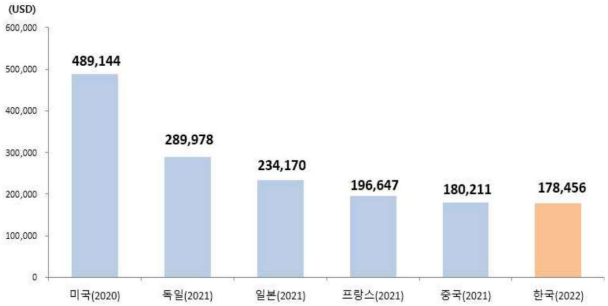
❍ 경제활동인구 천 명당 연구원 수는 17.4명이며, 인구 천 명당 연구원 수도 9.5명으로 세계 1위 수준이나 연구원 1인당 연구개발비는 주요국 대비 낮은 수준

- 연구원(FTE 기준) 1인당 연구개발비는 2.3억 원으로 전년 대비 6.2% 증가하였으나, 주요국(미국, 독일, 일본, 중국 등)보다 낮은 수준으로 조사



* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과(안)

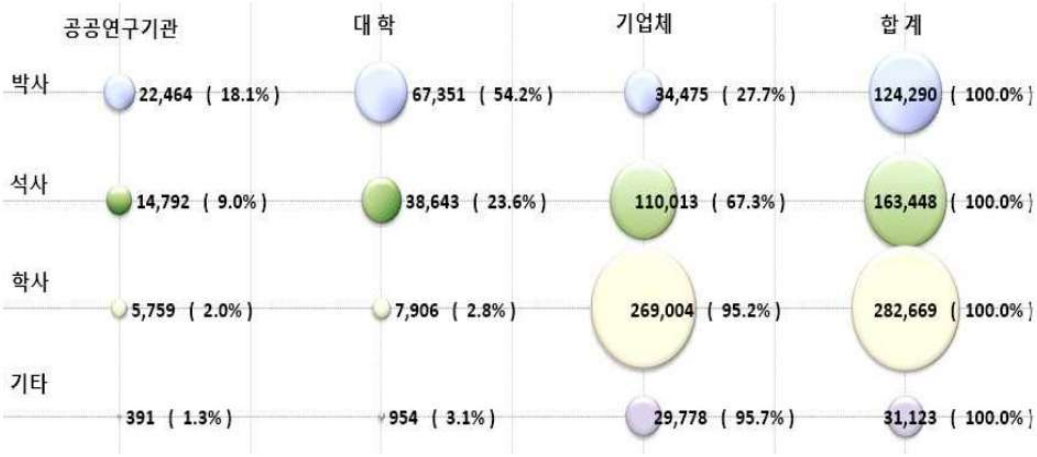
<그림2-28> 우리나라 연구원 1인당 연구개발비 추이



<그림2-29> 주요국의 연구원 1인당 연구개발비

❍ 총 연구원 601,530명 중 박사급 연구원은 124,290명(20.7%)으로 대학 및 공공연구기관은 박사 연구원 중심으로 연구를 수행하며, 기업체는 학사 연구원 중심으로 구성되는 것으로 확인

- 박사 연구원의 54.2%인 67,351명이 대학에서 연구를 수행하고 있는 것으로 파악되었으며, 학사 연구원의 95.2%인 269,004명은 기업체에 소속



* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과(안)

<그림2-30> 연구수행주체별 학위별 연구원 분포

참고 | 2022년 정부+민간 연구개발활동

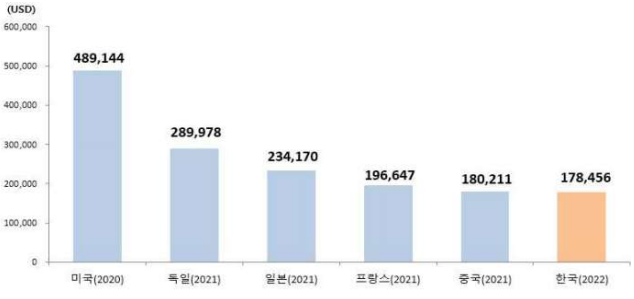
❑ ‘22년 연구원과 연구보조원을 포함한 연구개발인력 수는 813,763명이며 참여비율을 고려한 상근상당 연구원 수는 488,774명으로 세계 4위 수준

❍ 경제활동인구 천 명당 연구원 수는 17.4명, 인구 천 명당 연구원 수도 9.5명으로 세계 1위 수준(FTE 기준)

- 연구원 1인당 사용한 연구개발비(FTE 기준)는 2억 3,047만원(178,456달러)로 주요국보다 낮은 수준

➡ 연구원 1인당 연구비는 최근 10년(‘13년~‘22년) 증가 추세였으나 주요국과 비교 시, 중국과 일본에도 미치지 못하는 것으로 파악





<그림2-31> 연구원 1인당 연구개발비 추이 국제비교 <그림2-32> 연구원 1인당 연구개발비 국제비교

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2023.12.

(2) 국내 공공연구기관(대학·연구소) 현황

❑ (공공연구기관) 공공연구기관에는 ①국공립 연구기관, ②정부출연연구기관, ③특정연구기관, ④학교, ⑤연구개발 관련 법인·단체 등이 해당

<표 2-29> 공공연구기관 종류

공공연구기관 종류
• 국공립 연구기관 • 「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제8조제1항에 따라 설립된 정부출연연구기관 • 「특정연구기관 육성법」 제2조를 적용받는 특정연구기관 • 「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

❍ '22년 기준, 공공연구기관 중 전문대학, 신학대학, 교육대학, 사이버대학, 정부산하 R&D 관리·지원기관을 제외한다면 우리나라의 공공연구기관은 총 297개

<표 2-30> 공공 연구소와 대학 현황

구분		기관수
공공 연구소	국공립 연구기관	50
	정부출연연구기관	24
	특정연구기관	11
	전문생산기술연구소	16
	기타 공공연구기관	49
	소계	150
대학	국공립대학	27
	사립대학	120
	소계	147
합 계		297

* 출처 : 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), 2023.12.

❍ (공공연구기관 인력) '22년 공공연구기관의 연구원은(FTE 기준) 37,429명(7.7%)이며 대학의 연구 인원은 47,423명(9.7%)

- 기업체의 연구 인원은 403,922명(82.6%)으로 주요국에 비해 기업체 연구원 비율이 높은 수준으로 파악됨

- 공공연구기관에 소속된 연구원 중 박사 연구원은 51.7%이며, 대학에 소속된 연구원 중 박사 연구원은 67,351명으로 전체 박사 연구원의 54.2% 비중으로 확인

➠ 이는 국내 우수 인력이 대학 및 연구소에 집중되어 있음을 시사

<표 2-31> 연구수행 주체별 학위별 연구원 분포

(단위: 명, %)

구분	박사	석사	학사	기타	합계
공공연구기관	22,464	14,792	5,759	391	43,406
대학	67,351	38,643	7,906	954	114,854
기업체	34,475	110,013	269,004	29,778	443,270
합계	124,290	163,448	282,669	31,123	601,530

* 출처: 2022년도 연구개발활동조사 결과(안), 과학기술정보통신부, 2023.12.

❍ (최상위급 연구인력 현황) ‘23년 11월, 클래리베이트는 세계에서 가장 영향력 있는 연구자를 리스트를 발표하였으며, 우리나라의 경우 11개 분야에서 총 65명의 연구자가 선정

- 총 6,849명 중 우리나라는 65명이 선정되어 0.95%의 점유율 달성하였으며 서울대 10명, UNIST 9명, 성균관대 8명 등 대학 소속의 연구자들이 다수로 연구소는 한국해양과학기술원, 한국화학연구원 각 1명이 선정된 것으로 확인

➟ 선정된 35명의 연구자들은 자신의 연구가 다른 분야 연구자들에게 높은 영향력을 주는 분야인 크로스필드 분야로 분류되었으며, 이는 특정 분야 연구뿐만 아니라 연구를 통한 타 분야로의 파급력 또한 중요함을 시사

참고 **글로벌 혁신기업**

❑ 우리나라의 글로벌 혁신기업은 대기업 위주이며 글로벌 혁신 중소기업은 전무

❍ ‘24년 3월, 클래리베이트는 글로벌 100대 혁신기업 2024는 발표하였으며, 우리나라는 전년 대비 3개 증가한 8개 기업이 포함

- 혁신기업은 모두 대기업인 삼성, 기아, 엘지, 현대 등의 기업
- ‘23년 6월, 보스턴컨설팅 그룹에서 발표한 가장 혁신적인 50대 기업 2023에서는 우리나라는 삼성이 유일하게 선정

❍ 글로벌 혁신기업을 선정하는 세계지식재산기구(WIPO)의 글로벌 어워드에서 선정된 우리나라 기업은 전무이지만 최종 후보기업에 포함되는 등 국내 중소기업 또한 혁신성이 뛰어난 것으로 판단

➟ 2022년 기준, 과학기술직업 종사 비중은 박사 64.11%, 석사 46.85%, 학사 23.09%, 전문학사 9.42% 순으로 나타났으며, STEM 기반 전문직 일자리의 증가로 인하여 관련 인재에 대한 시장 수요 증가 추세

* 신규 양성 중심에서 벗어나 양성+성장 중심의 질적 제고 중심의 인재양성 필요성 증가

참고 **STEM(과학 · 기술 · 공학 · 수학) 인재의 국내 이탈**

❍ 미국 과학기술협력에 관한 격년 보고서에 따르면, 고급 학위 취득자의 경우 미국 STEM 생태계에 계속 잔류할 가능성이 높으며, 장기 체류 비율은 약 75% 수준으로 추정

- ‘23년 발표된 미국 국립과학재단(NSF) 데이터에 따르면, 2021년 미국 내 한인 박사 배출은 1,025명이며 이 중 70% 이상인 이공계 박사 학위자로 파악

* 중국, 인도에 이어 세계 3위

➟ 이들의 과반수인 661명(64.5%)이 미국 체류를 희망하는 것으로 나타남

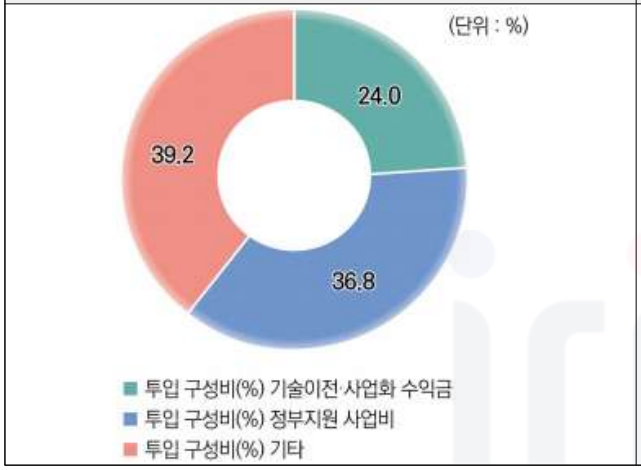
❑ (공공연구기관 경제적 성과) 공공연구기관 및 대학의 경제적 성과 창출은 작년 대비 감소한 것으로 조사

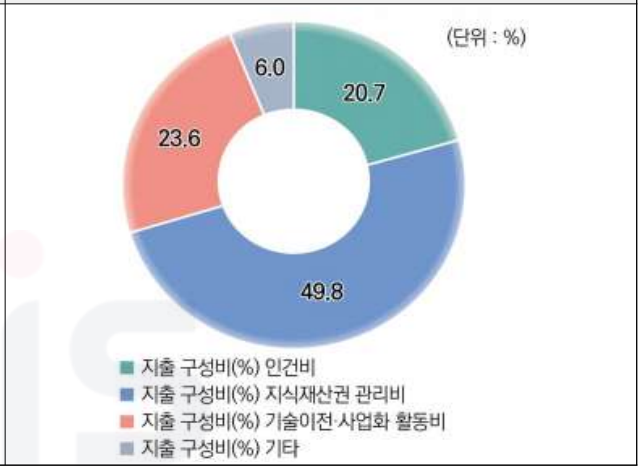
❍ 공공연구기관의 기술이전·사업화 전담 및 지원 인력(FTE 기준) 평균 2.92명으로 조사

- 기술이전·사업화 전담업무 수행인력의 근무(경력)연수는 평균 3.9년으로 전년도 평균인 4.2년에 비해 감소한 것으로 확인되었으며, 활동 및 운영비 투입에 있어 정부지원 사업비 비중이 수입금보다 높은 것으로 나타남

<표 2-32> 2022년 기술이전·사업화 활동 및 운영비 투입 구성

활동·운영비 투입 및 지출 구성비	투입 구성비(100.0%)			지출 구성비(100.0%)			
	기술이전·사업화수입금	정부지원 사업비	기타 투입	인건비	지식재산권 관리비	기술이전·사업화활동비	기타 비용
	24.0%	36.8%	39.2%	20.7%	49.8%	23.6%	6.0%





* 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), KIAT, '23.12.

❍ 2022년도 새롭게 체결된 기술이전 계약 건수는 총 9,387건으로 전년 대비 8.5% 감소한 것으로 조사

- 공공연구소의 기술이전 계약 건수는 전년 대비 1.7% 감소한 4,572건이었으며, 대학의 기술이전 계약 건수는 전년 대비 14.2% 감소한 4,815건을 기록

➟ 계약 유형별로 구분 시, 유상 기술실시(라이선스)가 5,441건(58.0%), 기술양도(매매) 3,002건(32.0%) 순으로 나타남

- 기술이전 계약 중 공공연구기관에서 대기업으로의 기술이전은 2.0%, 중견기업 1.6%, 중소기업 93.5%로 중소기업이 대학·공공연구소의 주요 기술 수요자로 확인

<표 2-33> 연도별 기술이전 계약체결 건수

(단위: 개, %)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
이전계약(공공연구소)	3,655	3,972	4,308	4,653	4,572	5.76
이전계약(대학)	4,450	4,486	4,747	5,610	4,815	1.99
계약 건수 합계	8,105	8,458	9,055	10,263	9,387	3.74

* 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), KIAT, '23.12.

<표 2-34> 2022년 기술도입자 유형별 기술이전 계약 현황

(단위: 개, %)

구분	대기업	중견기업	중소기업		해외기관	기타
			일반	창업기업		
기술이전 계약 건수(비중)	185(2.0)	154(1.6)	8,294(88.4)	481(5.1)	28(0.3)	245(2.6)

* 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), KIAT, '23.12.

❍ 기술이전 건수 또한 전년 대비 21.6% 감소한 12,057건으로 조사되었으며, 기술이전율도 31.7%로 전년도 40.9% 대비 9.2% 감소한 것으로 나타남

<표 2-35> 연도별 이전된 기술 건수

(단위: 개, %)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
이전기술(공공연구소)	5,331	6,077	6,525	8,284	6,221	1.56
이전기술(대학)	5,671	5,599	6,067	7,099	5,836	0.72
이전 건수 합계	11,002	11,676	12,592	15,383	12,057	2.32

* 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), KIAT, '23.12.

- 기술 분야별로 이전된 기술 분류 시, 융복합 및 기타 분야가 23.7%(2,858건)으로 가장 많았으며 바이오·의료 분야가 21.8%, 기계·소재 분야가 19.1%로 그 다음 순으로 조사됨

<표 2-36> 2022년 기술도입자 유형별, 기술분야별 이전기술 건수 현황

(단위: 개, %)

구분	대기업	중견기업	중소기업		해외기관	기타
			일반	창업기업		
기술이전 계약 건수(비중)	404(3.4)	191(1.6)	9,982(82.8)	1,143(9.5)	47(0.4)	290(2.4)

(단위: 개, %)

구분	기계 · 소재	전기 · 전자	정보 · 통신	화학	바이오 · 의료	융복합 · 기타
기술분야별 이전 건수(비중)	2,307(19.1)	1,463(12.1)	1,668(13.8)	1,130(9.4)	2,631(21.8)	2,858(23.7)

* 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), KIAT, '23.12.

- 기술이전율은 최근 5~6년간 일정한 수준을 유지하고 있으나 전년도('21년) 40%를 넘어선 이후 '22년 크게 감소하여 약 10년 전 수준으로 하락

<그림2-33> 연도별 기술이전율



구분	2014	…	2018	2019	2020	2021	2022
공공연구소	39.3	…	39.6%	43.4%	40.8%	50.8%	38.4%
대학	25.4	…	30.5%	30.3%	31.1%	33.3%	26.7%
전체	31.7	…	34.3%	35.9%	35.5%	40.9%	31.7%

* 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), KIAT, '23.12.

<표 2-37> 2022년도 공공연구기관의 신규확보기술 및 기술이전 현황

(단위: 개, %)

구분		신규확보기술	기술이전	기술이전율
공공연구소	국공립 연구기관	1,124	1,777	158.1
	과학기술분야 정부출연연구기관	7,951	2,592	32.6
	특정연구기관	3,097	940	30.4
	전문생산기술연구소	2,071	415	20.0
	기타 공공연구기관	1,944	497	25.6
	소계	16,187	6,221	38.4
대학	국공립대학	8,547	2,208	25.8
	사립대학	13,286	3,628	27.3
	소계	21,833	5,836	26.7
합 계		38,020	12,057	31.7

* 출처 : 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), 2023.12.

❍ 공공연구기관 전체의 기술이전 수입은 2,810억 원으로 최근 4년('19~'22) 연속으로 2천억 원을 상회하였으나 전년 대비 기술이전 수입은 감소

- 공공연구소의 기술이전 수입은 약 1,549억 원으로 전년 대비 50억 감소하였고, 대학의 기술이전 수입은 약 1,261억 원으로 전년 대비 127억 원 증가

<표 2-38> 연도별 기술이전 수입액

(단위: 백만 원)

기술료 수입	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
공공연구소	110,909	141,886	251,605	159,918	154,867
대학	78,791	85,428	84,478	104,409	126,134
전체	189,700	227,314	336,084	264,328	281,001

* 출처 : 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), 2023.12.

- 공공연구기관의 계약건당 기술이전 수입은 약 3천만 원, 기술건당 기술이전 수입은 약 2,300백만 원으로 높은 수준을 기록한 것으로 조사

<표 2-39> 연도별 기술이전 수입액

(단위: 백만 원/건)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
계약건당 기술이전 수입	23.4	26.9	37.1	25.8	29.9
기술건당 기술이전 수입	17.2	19.5	26.7	17.2	23.3

* 출처 : 2023년 공공연구기관(대학·연구소) 기술이전·사업화 실태조사 보고서('22년도 대상), 2023.12.

❍ 기술이전 이후 이전기술의 활용·사업화 성공을 통한 수익 창출 비율은 19.4%로 낮은 것으로 확인되었으며, 이전 기술이 아예 활용되지 않는 비율은 13.1%인 것으로 조사

- ‘22년 공공연구기관에서 보유하고 있는 기술을 활용하여 총 486건의 창업기업이 신규로 설립되었으며, 현 활동 중인 창업기업은 2,497개인 것으로 조사

  ➟ 신규 창업기업 중 연구자 창업이 79.0%, 기관 창업이 14.8%, 이전·양도 기반의 창업이 6.2%로 조사됨

  ➟ 활동 중인 공공기술 기반 창업기업의 총 매출앤은 1조 4,556억 원이며, 창업기업의 투자유치 규모는 6,517억 원으로 조사

- ‘22년 공공연구기관이 보유하고 있는 창업기업의 지분(또는 주식)을 매각·처분하여 이익을 실현한 투자 Exit 성과는 약 57억 원으로 기관의 투자 Exit 수입이 발생한 창업기업 수는 연구자 창업기업이 15개, 기관 창업기업이 25개, 이전·양도 기반 창업이 5개로 확인

  ➟ 연구자 창업기업 중 ‘22년 코스닥 상장기업은 2개로 조사

(3) 국내 R&D 인력 및 인프라 관련 시사점

❑ **국내 대학 및 연구기관의 연구원 수와 연구 인력 비중, 정부 R&D 투자 금액, 창출 성과 등을 고려할 때, 우리나라는 과학기술 혁신을 위한 R&D 수행에 있어 충분한 인프라를 형성하고 있는 상황**

❍ 우수한 인재들이 대학, 연구소를 중심으로 연구를 수행하고 있으나 주요국 대비 연구원 1인당 연구비는 낮은 상황

❍ 국가주력산업 및 첨단 산업의 경쟁력 확보를 위해선 대학·연구소 등의 우수한 인력과 인프라 역량을 적극 활용 필요

- 우리나라는 책임PM 역할을 수행 할 수 있 최상위급 연구인력도 대거 보유하고 있으며, 박사인력도 지속 공급됨에 따라 우수한 인재의 사업 참여 유도가 가능할 것으로 판단됨

4 과학기술 경쟁력 현황

❑ 2022년 정부의 기술수준평가 개요

❍ (대상) 과학기술 발전을 촉진하고 기술수준을 점검하기 위해 국가적 핵심기술(11대 분야 136개 기술)에 대해서 2년 주기로 조사·분석 실시

<표 2-40> 기술수준평가 대상 기술분야별 중점과학기술 수

전체 대상 기술	11대 전체 분야										
	건설 교통	재난 안전	우주 항공 해양	국방	기계 제조	소재 나노	농림 수산 식품	생명 보건 의료	에너지 자원	환경 기상	ICT SW
136	13	4	8	3	13	5	9	15	23	12	31

* 출처: 2022년 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, '24.2.29.

❍ 평가 대상기술에 대한 주요 5개국(한국, 중국, 일본, EU, 미국)의 기술수준 및 기술격차를 중심으로 평가

- 정성평가(전문가 델파이조사)와 정량분석(논문·특허 분석)을 바탕으로 5차 과학기술계획 상의 50개 국가전략기술과 수준평가의 연속성 확보를 위한 기존 중점과학기술(120개) 중 국가전략기술과 유사·중복되지 않는 과학기술 86개를 조사

❑ 기술수준 평가 결과

❍ 전체대상기술 관련 한국의 기술수준은 최고기술 보유국(미국) 대비 81.5%이며, 최고기술 보유국과 3.2년의 기술격차가 있는 것으로 평가

- 국가별로 미국(100.0%), EU(94.7%), 일본(86.4%), 중국(82.6%), 한국(81.5%) 순으로 기술수준이 높은 것으로 평가되었으며, '20년 한국(80.1%), 중국(80.0%)로 근소하게 우위를 점하였던 과학기술 수준이 2년 만에 추월당한 것으로 확인

<표 2-41> 주요 5개국 전체대상기술 기술수준·격차 현황

구분	미국		한국		중국		일본		EU	
	`20	`22	`20	`22	`20	`22	`20	`22	`20	`22
기술수준(%)	100.0	100.0	80.1	81.5	80.0	82.6	87.3	86.4	95.6	94.7
기술격차(년)	0.0	0.0	3.3	3.2	3.3	3.0	2.0	2.2	0.7	0.9

❍ 한국은 주요 5개국 중 8개 분야에서 4위, 3개 분야에서 5위로 나타났으며 '20년 대비 9개 분야에서 기술 수준이 향상, 2개 분야에서 기술수준이 하락한 것으로 판단

<표 2-42> 주요 5개국 전체대상기술 11대 분야별 수준·격차 비교

11대 분야 (중점과학기술 수)	기술수준(%)					기술격차(년)				
	미국	한국	중국	일본	EU	미국	한국	중국	일본	EU
건설 · 교통(11)	100.0	85.3	82.8	88.7	97.9	0.0	2.3	2.8	1.8	0.3
재난안전(4)	100.0	81.3	78.1	87.5	92.6	0.0	2.6	3.1	1.6	0.9
우주 · 항공 · 해양(7)	100.0	61.6	79.4	81.3	90.6	0.0	9.8	5.6	4.8	2.7
국방(3)	100.0	76.7	82.3	78.0	90.0	0.0	4.3	3.4	4.5	2.1
기계 · 제조(13)	100.0	82.1	78.9	87.9	98.8	0.0	2.8	3.3	1.5	0.3
소재 · 나노(5)	100.0	83.3	80.5	96.1	92.5	0.0	2.6	3.0	0.7	1.1
농림수산 · 식품(9)	99.5	82.5	79.2	88.4	100.0	0.0	3.4	4.0	2.3	.00
생명 · 보건의료(21)	100.0	79.4	78.9	81.5	92.2	0.0	2.9	2.9	2.6	1.2
에너지 · 자원(18)	100.0	84.5	85.2	91.8	95.8	0.0	3.2	2.8	1.7	0.8
환경 · 기상(12)	100.0	83.9	78.6	89.0	98.9	0.0	3.5	4.5	2.5	0.9
ICT · SW(17)	100.0	82.6	87.9	82.2	90.9	0.0	2.0	1.4	2.0	1.1

* 출처: 2022년 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, '24.2.29.

- 전체대상기술의 논문·특허의 양·질적 지표 분석 결과, 한국은 주요 5개국 중 논문·특허 증가율이 중국이 이어 5위 수준이였으나, 질적 지표는 전반적으로 4위권에 해당

<표 2-43> 주요 5개국 전체대상기술 관련 논문·지표 분석 결과

논문	미국	한국	중국	일본	EU
논문점유율(%)	3위(20.3)	5위(5.4)	2위(33.8)	4위(6.0)	1위(34.6)
논문증가율(%)	4위(185.5)	2위(295.7)	1위(445.2)	5위(147.4)	3위(218.4)
논문영향력	1위(25.7)	3위(15.0)	4위(14.9)	5위(12.5)	2위(19.9)
중요논문비율(%)	3위(24.1)	4위(4.8)	2위(28.8)	5위(4.4)	1위(37.9)
연구주제다양도	2위(0.86)	5위(0.71)	3위(0.81)	4위(0.74)	1위(0.92)
H-Index	3위(56.2)	4위(25.0)	2위(61.2)	5위(22.6)	1위(66.1)

특허	미국	한국	중국	일본	EU
특허점유율(%)	2위(13.6)	3위(13.4)	1위(55.8)	4위(9.9)	5위(7.4)
특허증가율(%)	3위(407.1)	2위(1505.2)	1위(2037.8)	4위(371.8)	5위(218.4)
해외출원도(%)	2위(453.0)	4위(200.6)	5위(133.0)	3위(254.7)	1위(614.5)
특허영향력	1위(12.1)	3위(5.1)	5위(4.1)	3위(5.1)	2위(7.2)
중요특허비율(%)	1위(28.8)	4위(15.6)	2위(26.7)	5위(12.5)	5위(16.4)
IP4점유율(%)	1위(34.2)	4위(15.1)	5위(9.4)	3위(16.9)	2위(24.5)
청구항수	1위(18.6)	4위(8.7)	5위(7.3)	3위(9.9)	2위(16.0)

* 출처: 2022년 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, '24.2.29.

❍ 국가전략기술(50개) 평가 결과, 최고기술 보유국 대비 한국은 81.7% 기술수준을 기록하며, 주요 5개국 중 최하위로 나타남

- 미국(100.0%)이 최고기술 보유국으로 평가되었으며, 중국(86.5%), 일본(85.2%), 한국(81.7%) 순으로 평가됨

➡ 한국의 최고기술 분야는 이차전지로 나타났으며, 매우 도전적이나 반드시 확보해야 하는 필수기술로 평가되는 우주항공·해양과 양자 분야에서의 기술 수준은 낮은 것으로 확인

<표 2-44> 주요 5개국 국가전략기술 기술수준·격차 현황 및 기술수준 구간별 현황

구분	미국	한국	중국	일본	EU
기술수준(%)	100.0	81.7	86.5	85.2	92.3
기술격차(년)	0.0	3.0	2.2	2.0	1.3

수준구간	미국	한국	중국	일본	EU
최고기술	43개	4개	3개	6개	3개
90% 이상	5개	9개	13개	7개	32개
80~90%	2개	24개	26개	27개	13개
80% 미만	-	13개	8개	10개	2개

* 출처: 2022년 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, '24.2.29.

- 한국은 최고기술 보유국 대비 3년 이상 격차 기술은 13개이며, 대부분 우주항공·해양, 양자 분야 등으로 파악됨

<표 2-45> 주요 5개국 국가전략기술 12대 분야별 수준·격차 비교

12대 분야	기술수준(%)					기술격차(년)				
	미국	한국	중국	일본	EU	미국	한국	중국	일본	EU
반도체 · 디스플레이	100.0	89.0	84.4	86.2	87.5	0.0	1.3	1.9	1.3	1.6
이차전지	87.1	100.0	94.3	97.3	80.3	1.1	0.0	0.9	0.1	3.2
첨단모빌리티	100.0	84.2	86.3	85.8	97.5	0.0	2.1	2.1	2.0	0.4
차세대원자력	100.0	83.0	83.0	82.5	87.5	0.0	5.0	4.5	4.5	2.5
첨단바이오	100.0	78.1	78.1	78.1	93.8	0.0	3.1	2.9	2.6	1.1
우주항공 · 해양	100.0	55.0	79.2	79.0	88.5	0.0	11.8	5.8	5.4	3.4
수소	100.0	78.6	72.7	96.7	97.35	0.0	3.3	3.9	0.3	.02
사이버보안	100.0	84.3	88.8	81.3	94.0	0.0	2.3	1.4	2.7	0.9
인공지능	100.0	78.8	90.9	76.4	87.5	0.0	2.2	1.3	2.5	1.4
차세대통신	100.0	86.0	93.5	82.4	95.3	0.0	1.4	0.6	1.8	0.6
첨단로봇 · 제조	100.0	82.0	82.9	89.3	97.0	0.0	2.3	2.5	1.1	0.5
양자	100.0	65.8	91.9	76.7	94.4	0.0	4.2	0.8	2.5	0.5

* 출처: 2022년 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, '24.2.29.

- 한국의 전략기술 관련 특허의 질적 수준은 대부분 3위로 중위권이며, 특허에서 양적으로는 중국, 질적으로는 미국의 우위가 두드러지는 것으로 나타남

❍ 한국은 전략기술의 기초연구개발역량이 타 국에 비해 낮은 수준으로 이는 한국의 주요 기술이 제조·공정에서 강점을 가지고 있으나, 선도기술 분야에서 차세대 핵심기술의 확보 측면에서는 한계가 될 수 있음을 시사[3)]

- 기초와 응용연구개발 역량이 모두 보통 수준인 우주항공, 양자 분야와 인공지능 분야는 국가안보와 직결되는 핵심기술로 우리의 자체적인 원천기술 확보가 중요한 기술임에 따라, 추격의 발판 마련이 필요

<표 2-46> 연구개발 활동 경향 및 연구단계별 역량

분야	미국		한국		중국		일본		EU	
	기초연구 개발역량	응용연구 개발영량	기초연구 개발역량	응용연구 개발영량	기초연구 개발역량	응용연구 개발영량	기초연구 개발역량	응용연구 개발영량	기초연구 개발역량	응용연구 개발영량
국가전략기술	탁월	탁월	보통	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
첨단모빌리티	탁월	탁월	우수	우수	우수	우수	우수	우수	탁월	우수
우주항공	탁월	탁월	보통	보통	우수	우수	우수	우수	탁월	우수
첨단로봇 · 제조	탁월	탁월	보통	우수	우수	우수	우수	우수	탁월	우수
첨단바이오	탁월	탁월	우수	우수	우수	우수	우수	우수	탁월	우수
이차전지	탁월	우수	우수	우수	보통	우수	우수	우수	우수	보통
수소	탁월	탁월	우수	보통	보통	보통	탁월	우수	탁월	탁월
차세대 원자력	탁월	탁월	우수	우수	우수	우수	우수	우수	탁월	우수
인공지능	탁월	탁월	보통	우수	우수	우수	보통	보통	우수	우수
5G · 6G	탁월	탁월	우수	우수	우수	탁월	우수	보통	우수	우수
사이버보안	탁월	탁월	우수	우수	우수	우수	보통	보통	탁월	우수
반도체 · 디스플레이	탁월	탁월	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
양자	탁월	탁월	보통	보통	우수	우수	우수	보통	탁월	우수

3) 2022년 기술수준평가 결과(안), 과학기술정보통신부, `24.2.29.

❑ '23년 9월 업데이트 된 호주전략정책연구소(ASPI)의 「ASPI 핵심 기술 추적 지표」 보고서에 따르면, 한국은 첨단기술 분야에서 최고기술을 보유하지 못한 것으로 판단

❍ 64개의 핵심 및 신흥기술 분야에서 중국이 영향력 있는 연구를 주도하고 있는 것으로 나타나며, 이는 중국이 특정 핵심기술의 글로벌 공급망을 지배할 가능성을 높이는 리스크로 작용

- 한국이 최고기술 보유국으로 뽑히는 이차전지와 경쟁 우위 산업으로 판단되는 반도체·디스플레이 분야 관련 핵심기술의 최상위 5개국 내에 한국은 존재하지 않는 것으로 확인

➟ 첨단 자석 및 반도체: 중국(33.4%), 미국(16.4%), 영국(7.5%), 독일(7.1%), 일본(5.0%)

➟ 첨단 집적회로 설계 및 제조: 미국(24.2%), 중국(21.2%), 인도(7.2%), 독일(4.5%), 이탈리아(3.6%)

<표 2-47> 핵심 및 신흥기술 분야 최고기술 보유국

구분	한국	중국	미국	합계
세계 최고 기술 개수	0	53	11	64

❍ 글로벌 기술 경쟁에서 중국의 영향력 강화는 우리나라의 위험 요인으로 작용하며, 이와 관련하여 ASPI는 핵심기술의 혁신과 전략적 경쟁에서의 생존을 시도하는 국가를 대상으로 정책적 권장 사항을 제시

- ①투자·상업화 촉진 및 인재 파이프라인 구축, ②글로벌 파트너십 구축, ③인텔리전스 노력 강화, ④문샷을 주제로 제언하였으며, 그 중 문샷에서 국부펀드 설립, 고위험·고수익 분야 투자, 기술법 제정 등의 내용을 포함

<표 2-48> ASPI 정책 권장사항 중 문샷(moonshots, big Ideas) 주요 내용

구분	한국
대규모 국부 펀드 조성	• 정부는 핵심기술의 연구, 개발 및 혁신을 위해 대규모의 국부 펀드 조성 필요 - 펀드 기금은 신업계와의 공통 투자하여 국민총소득의 0.5%~0.7%로 설정하고 수익은 벤처케피털 및 스케일업 펀딩에 활용 수행 필요 - 광범위한 핵심 기술 분야 전반에서 가장 유망한 R&D 프로그램을 지원하고, 공공 및 민간 부문 모두에 개방 필요
고위험 · 고수익 분야 투자	• 해당 국가가 이미 경쟁 우위에 있거나 이를 개발하고자 하는 특정 분야의 고위험 고수익 이니셔티브에 대해서는 국부 펀드의 최소 비율 자금을 할당
정부의 기술법안 제정 고려	• 파트너와 동맹국간 협력을 위한 정치적 노력 및 범정부적 접근 필요 - 미국 CHIPS Acts, 반도체 지원법 같은 기술 법안 도입 검토 필요

2절. 국내 R&D 문제점

1 사업수요조사

❑ 자율적이고 유연한 연구환경 조성 및 끊임없는 혁신을 위한 도전·혁신형 R&D 사업 계획 수립을 위한 사업수요조사 실시

❍ (목적) 국가연구개발사업의 애로사항을 파악하여 변혁적 연구개발을 위한 R&D 사업설계의 시사점 도출

- 기존 R&D 관리체계에서 벗어나 혁신적 성과 창출의 기반 마련을 위하여 변화가 필요한 사항에 대한 연구현장의 의견 수렴 수행

➟ 정부 R&D의 혁신·도전성 수준 및 혁신·도전적 R&D 지원환경에 대한 현장의 체감도는 낮은 상황이며 연구 현장의 체감도를 높일 수 있는 수요조사를 수행

❍ (조사대상) 국가연구개발사업 과제책임자 및 연구자들을 대상으로 수행

- (1차) 국책연구사업의 과제책임자 1,923명을 대상으로 설문 실시, 162명의 최종 응답 회수(응답률 : 8.4%)

- (2차) 기초중견연구를 수행하였던 연구자 1,722명을 대상으로 설문 실시, 128건의 최종 응답 회수(응답률 : 7.4%)

<표 2-49> 사업수요조사 응답자 현황

구분	국책연구사업 책임자(1차)		기초중견연구 수행자(2차)		응답 합계
	대상자	응답자	대상자	응답자	
학계	-	100	-	118	218
연구계	-	52	-	9	61
산업계	-	10	-	1	11
계	1,923	162	1,722	128	290

* 구분 : 산업계(기업 및 기업부설연구소 등), 학계(대학교, 학회 등), 연구계(출연연 등)

❍ (방법 및 일시) 이메일, 구글·네이버 설문지 폼 활용

- (조사일시) '24년 2월 22일(목) ~ '24년 3월 22일(금)

➟ 총 4차례의 사업수요조사 참여 요청 메일 발송

❍ (조사내용) 도전·혁신형 R&D 인식 조사 및 신규 도전·혁신형 사업 설계를 위한 기존 국가연구개발사업 기획·관리·성과 관리에서의 문제점 도출과 美 DARPA의 벤치마킹 요소 도출

2 응답 결과 분석

가. (1차) 국책연구사업 과제책임자 대상

❑ 응답자들의 대부분은 도전·혁신형 사업에 참여한 적이 없으나, 도전·혁신형 R&D 추진에 있어 과제의 유연성이 필요하다 판단

❍ 국책연구사업 과제책임자들의 참여 R&D 사업유형은 기초, 개발, 응용연구 순이었으며, 절반 이상이 기초연구에 참여한 것으로 파악

- 기술개발 선도사업 및 인력양성 사업의 과제책임자도 존재하였으며, 다양한 유형의 국책연구사업에 참여한 응답자도 존재

<표 2-50> (1차) 응답자 정보 및 일반 문항 (사업 유형 중복 응답)

Q.1-2. 국가연구개발사업 참여 응답자 현황								
구분	예				아니요			
	155 명				7 명			
참여 사업유형	기초	응용	개발	기타	기초	응용	개발	기타
	82	24	55	2	-	-	-	-

❍ 도전·혁신형 R&D 사업에 참여한 인원은 전체 162명 중 26명(16%)으로 나타남

- 응답자의 절반 이상이 과기정통부에서 진행한 도전·혁신형 R&D 사업에 참여한 것으로 판단

➟ 과기정통부에서 새로운 혁신 창출을 수행하는 다양한 도전·혁신형 R&D 사업을 수행하였으며, 그 중 글로벌 프론티어, 혁신도전 프로젝트, 과학난제도전 융합연구개발사업, STEAM연구사업, 한국형 SGER사업 등에 참여

<표 2-51> (1차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답)

Q.1-3. 국가연구개발사업 참여현황 응답자 현황																			
구분	예															아니요			
	26 명															136 명			
응답자 유형	과제책임자					공동연구자					참여연구원					기초	응용	개발	기타
	19					5					3					-	-	-	-
	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타				
	1	8	3	4	4	2	1	-	1	2	1	-	-	1	1				

❑ 응답자들 도전·혁신형 R&D 사업 추진에 있어 기획의 중요성을 더 많이 인식하고 있으며, 혁신의 주도적 역할을 담당하는 PM의 중요성에 대한 인식은 미흡한 것으로 판단

❍ 과기정통부에서 도전·혁신형 R&D 사업을 추진할 시, 고려해야 할 사항으로는 연구과제 특성에 맞는 예산과 기간의 유연성을 가장 많이 선택

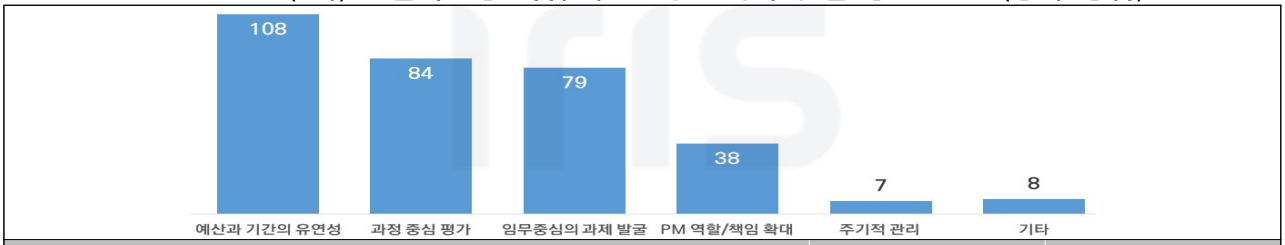
- 다음으로는 과제 실패를 용인하는 등의 과정 중심의 평가, 국가·사회적 임무중심의 과제 발굴 순이었으며, 응답자의 대부분은 사업 추진에 있어 유연한 과제 관리가 필요하다고 생각하는 것으론 판단

➟ 주기적 성과 관리 및 모니터링이 필요하다고 선택한 응답자 중 도전·혁신형 R&D 사업에 참여한 응답자는 2명으로 모두 대학교(원) 소속

- **기타** 의견으로는 연구 주제 선정과 관련한 응답이 다수였으며, 제도적 뒷받침과 과제 기간 연장, 책임자의 도전성, 수행 주체별 차별화된 R&D 기획 등 또한 중요하다고 응답

➟ ①기술 트렌드 중심의 문제정의 및 주제 선정 탈피, ②창의적 과제 발굴, ③주제 및 질문의 참신성 등 사업기획에서 과제 발굴이 중요하다 응답

<표 2-52> (1차) 도전혁신형 사업 추진 시 고려해야 할 중요 요소 (중복 응답)



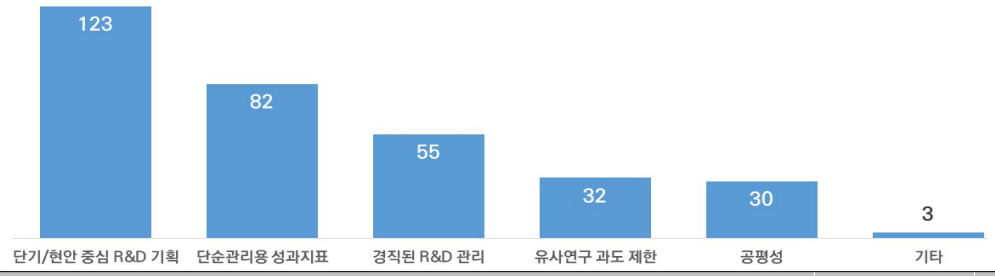
구분	응답수	비율
연구과제 특성에 맞는 예산과 기간의 유연성	108	33.3%
과정 중심의 평가(과제 실패 용인)	84	25.9%
국가 · 사회적 임무중심의 과제 발굴	79	24.4%
PM의 역할과 책임 확대	38	11.7%
주기적인 성과 관리 및 모니터링 강화	7	2.2%
기타	8	2.5%
총 합계	324	100.0%

❍ 기존 R&D 체계 중 도전·혁신형 R&D를 방해하는 요인으로 가장 많이 뽑힌 요인은 단기·현안 중심의 R&D 기획*이었으며 사업의 기획-관리 순으로 문제가 있다고 판단

* 이는 도전 · 혁신 R&D 사업 추진 고려 사항 중 기타 의견으로 연구 주제 선정이 중요하다 응답한 의견과 유사

➟ **기타** 의견으로 연구비, 기획위원, 이슈 기술 위주의 기획 등이 방해 요인으로 뽑혔으며, 이는 모두 대내외 환경변화에 좌우되는 기획에서의 문제라고 인식

<표 2-53> (1차) 도전·혁신형 R&D 추진 방해 요소 (중복 응답)



구분	응답수	비율
단기 · 현안 중심 R&D 기획	123	37.8%
단순 관리를 위한 성과지표(논문, 특허 등)	82	25.2%
경직된 R&D 관리 제도	55	16.9%
유사 연구에 대한 과도한 제한(키워드 중시의 중복성 검토 등)	32	9.8%
공평성에 치우친 R&D 배분	30	9.2%
기타	3	0.9%
합계	325	100.0%

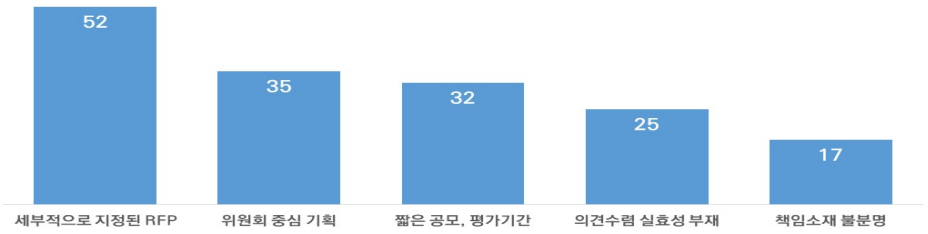
❑ 기존 R&D 기획 과정에서 가장 큰 문제점은 세부적인 방법론·기술이 지정된 RFP로 연구자의 자율적 연구 활동이 어려운 기획이라 응답

❍ 자율성 보장이 어려운 기획뿐만 아니라 위원회 중심의 기획 및 짧은 기획·평가 기간 등 과제 기획 과정에서의 문제점도 크다고 응답

- '책임소재가 불분명한 문제 정의' 항목 응답자 대부분(82.4%)은 이전 문항에서 '단기·현안 중심의 R&D 기획'이 문제라 선택

➡ 이는 연구 과제가 도전적이거나 혁신적이지 않고 단기적 문제해결 위주라는 점에서 연계되는 것으로 문제 정의의 혁신성 또한 중요함을 시사

<표 2-54> (1차) 국가연구개발사업 과제 기획의 문제점

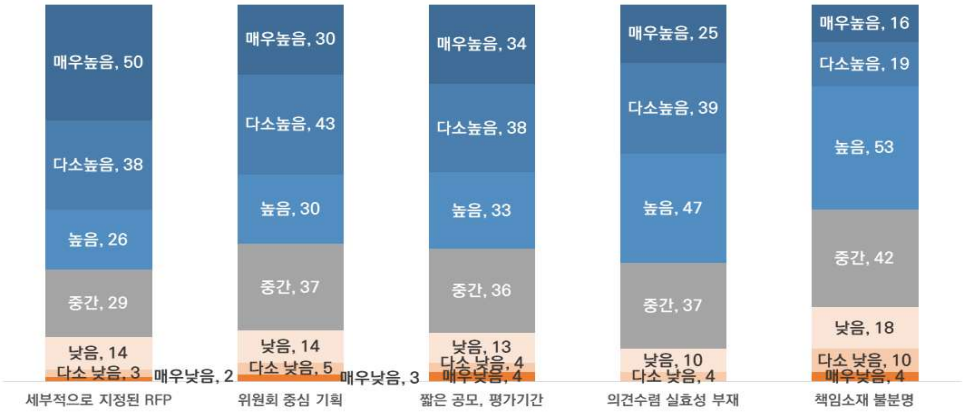


구분	응답수	비율
세부적인 방법론, 기술이 지정된 RFP	52	32.1%
위원회 중심의 과제 기획	35	21.6%
과제 기획 · 선정의 짧은 공모, 평가 기간	32	19.8%
연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재	25	15.4%
책임소재가 불분명한 문제 정의	17	10.5%
제외 건(중복 응답)	1	0.6%
합계	162	100.0%

❍ ‘연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재’가 가장 중요하다고 생각한 응답자 수는 적으나, 응답자 대부분이 이를 문제점으로 여기는 것으로 분석

- 점수로 판별 시, ‘연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재’, ‘과제 기획·선정의 짧은 공모, 평가 기간’ 순으로 문제해결의 필요성이 높다고 나왔으며, 연구자들 위주의 기획이 필요하다 분석됨

<표 2-55> (1차) 국가연구개발사업 과제 기획 문제해결 필요성



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
세부적인 방법론·기술이 지정된 RFP	2(1)	3(2)	14(9)	29(18)	26(16)	38(23)	50(31)	874(1)
위원회 중심의 과제 기획	3(2)	5(3)	14(9)	37(23)	30(19)	43(27)	30(19)	821(4)
과제 기획·선정의 짧은 공모, 평가기간	4(2)	4(2)	13(8)	36(22)	33(20)	38(23)	34(21)	826(3)
연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재	0(0)	4(2)	10(6)	37(23)	47(29)	39(24)	25(15)	830(2)
책임소재가 불분명한 문제 정의	4(2)	10(6)	18(11)	42(26)	53(33)	19(12)	16(10)	737(5)

❍ 항목 이외에 응답자들은 도전·혁신적 과제의 특성을 반영하지 못한 연구개발 체계의 문제점과 기획 과정에 있어 형평성 문제 등에 대한 해결이 필요하다 의견 제시

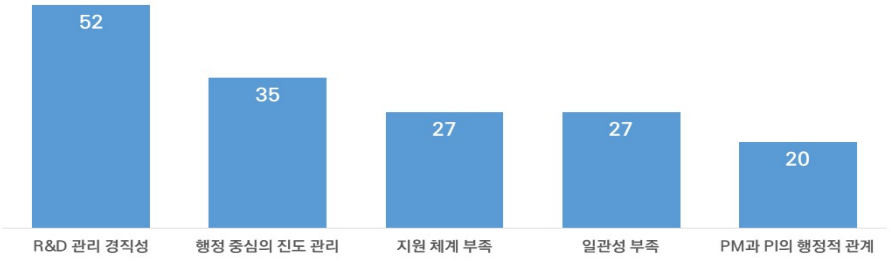
<표 2-56> 기존 국가연구개발사업 기획에 있어 문제점 관련 설문 응답자 의견

주요 의견
• 장기적 계획이 아닌 트렌드 및 환경변화에 좌우되는 연구 기획 및 예산 분배 - 정기적 연구 주제 공모 및 리뷰 필요 • 연구 과정에서 발생할 수 있는 변수 대응을 위한 관리 필요 - 문제없는 연구과정은 과제 기획이 미흡하였기 때문으로 파악 • ‘R&D 카르텔’의 존재 - 기획위원회 및 관련 전문가들의 형평성, 공정성, 전문성 등과 관련한 관리 필요 • 도전적·혁신적 과제 도출을 통한 기획이 아닌 기존 R&D 체계를 답습하는 기획 - 가능성 위주의 과제 기획 필요 • 과제 준비 및 개념발굴 기간의 연장과 중복성 문제 해결 필요 - 기획에 대한 전문성 필요 • 대형과제 중심의 연구주제 발굴보단 다양한 관점에서의 주제 발굴 및 현장 연구자의 Bottom-up 제안 과제도 필요할 것으로 판단 - 기획에서의 도전적이고 혁신적인 목표 제시 이후 연구자 중심의 세부 목표 및 기술 제시 필요

❑ 기존 R&D 관리에서 가장 큰 문제점은 경직성으로 대내외 환경변화에 대응하지 못하고 글로벌 연구개발 속도 반영 등이 미흡한 관리 체계의 문제점이 높다고 분석

❍ 다음으로는 행정 중심의 연구 진도 관리, 연구자 지원 체계 부족, 기획·관리의 일관성 부족, PM과 PI의 행정적 관계 순으로 문제점이라 응답하였으며, R&D 관리에서 행정적 관리 문제로 어려움이 존재함을 시사

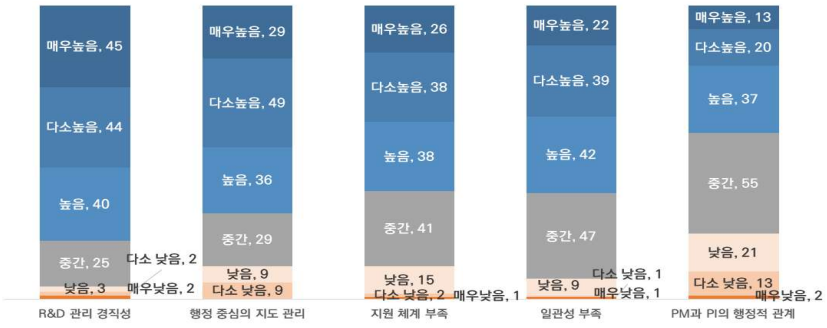
<표 2-57> (1차) 국가연구개발사업 과제 관리의 문제점



구분	응답수	비율
환경 변화에 대응하지 못하는 R&D 관리 경직성 (환경 변화가 반영되지 못한 미흡한 R&D 관리 가이드라인 마련 및 준용 사례 등)	52	32.1%
행정 중심의 연구진도 관리 (후속 조치가 부재한 보고서 제출/접수 수준의 관리 등)	35	21.6%
연구자를 지원하는 체계 부족 (연구 목표 달성과 연계된 연구 지원 기능 부족 등)	27	16.7%
기획과 관리의 일관성 부족 (과제 기획과 관리의 연계성 부족 등)	27	16.7%
PM과 PI의 행정적 관계 (연구 수행의 이해가 부족한 PM의 행정 중심 관리 등)	20	12.3%
제외 건(중복 응답)	1	0.6
합계	162	100.0%

❍ ‘PM과 PI의 행정적 관계’ 문제를 해결해야 한다고 긍정한 응답자는 절반 이하로 PM 등 연구자의 역할보단 관리체계가 근본적 문제 원인이라 파악

<표 2-58> (1차) 국가연구개발사업 과제 관리 문제해결 필요성



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
변화에 대응하지 못하는 R&D관리 경직성	2(1)	2(1)	3(2)	25(15)	40(25)	44(27)	46(28)	894(1)
행정 중심의 연구진도 관리	0(0)	9(6)	10(6)	29(18)	36(22)	49(30)	29(18)	838(2)
연구자를 지원하는 체계 부족	1(1)	2(1)	15(9)	41(25)	39(24)	38(23)	26(16)	814(4)
기획과 관리의 일관성 부족	1(1)	1(1)	9(6)	47(29)	42(26)	39(24)	23(14)	816(3)
PM과 PI의 행정적 관계	2(1)	13(8)	22(14)	55(34)	37(23)	20(12)	13(8)	707(5)

❍ 항목 이외에 응답자들은 연구 중간 변경이 어려운 관리 구조 해결 및 PM 주도의 자율성 부여를 통한 기술 컨설팅 등 과제 운영의 자율성이 필요하다는 의견 제시

<표 2-59> 기존 국가연구개발사업 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견

주요 의견
• 행정적 관리로 인한 업무 부담 증가로 연구자들의 생산성 저하 • 행정적 관리보단 실용화를 위한 과제 발굴(과제 기획 전략) 수립에 중점 필요 • 목표 달성 가능성이 낮은 도전·혁신연구의 특성을 반영하여 원활한 목표 변경 필요 - 행정적 관리 감소 필요 - 성과가 아닌 성실성과 수행 역량에 따라 과감히 과제를 중간 중단 시킬수 있는 체계 필요 • 최종 평가 이후 과제의 성공 여부에 따라 후속 연구 및 연계 사업 모델 개발 필요 • PM의 책임과 권한 확대하여 연구관리 수행 필요 - 과제 선정, 수행, 성과 창출로 이어지는 연구개발 전주기를 책임질 수 있는 PM 필요 - 연구 수행 중간에 PM이 변경되더라도 지속적인 연구 수행이 가능한 체계 필요

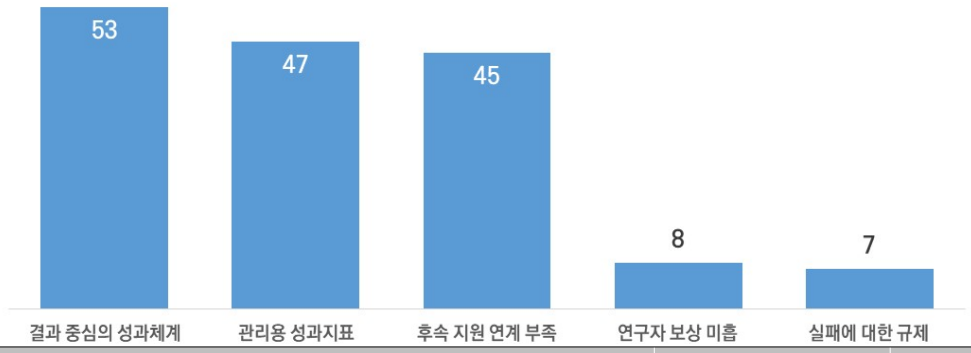
❑ 기존 R&D 성과 관리에서의 문제점은 행정적 성과 관리체계에 존재

❍ ‘결과 중심의 성과체계’, ‘관리를 위한 성과지표’, ‘창출 성과의 후속 연계’ 문항의 응답률이 89.5%로 성과 창출에 대한 보상 및 규제보단 성과 관리 체계에 문제점이 있다고 판단

- 이는 행정적 관리 위주의 성과체계로 인하여 창출 성과의 연계 부족 등 분절적 연구개발 사업이 문제임을 시사

- 결과를 중시하는 R&D 체계로 인하여 변혁적 연구개발보단 점진적 연구개발 위주로 연구개발 사업이 진행된다 분석됨

<표 2-60> (1차) 국가연구개발사업 성과 관리의 문제점

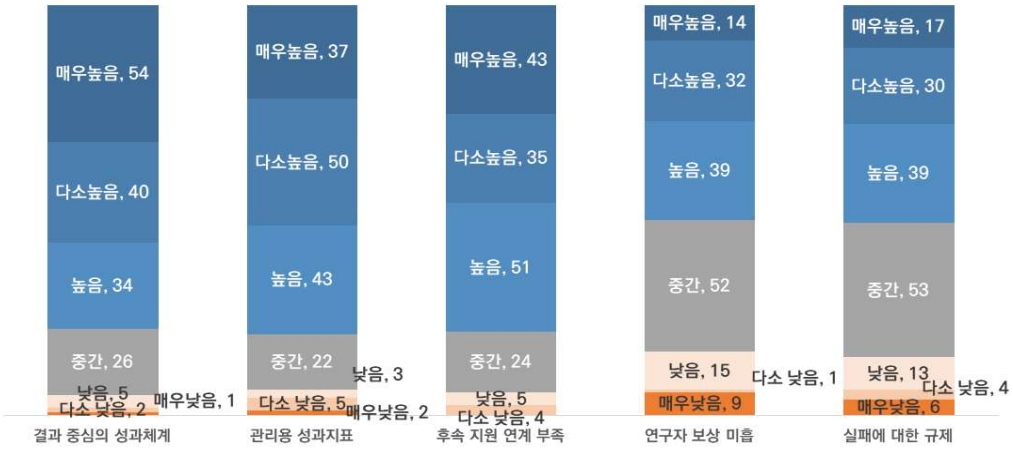


구분	응답수	비율
과정을 중시하지 않는 결과 중심의 성과체계	53	32.7%
단순 관리를 위한 성과지표	47	29.0%
창출 성과의 후속 지원을 위한 연계 부족	45	27.8%
성과 활용에 따른 연구자 보상 미흡	8	4.9%
성과 창출 미흡 및 실패에 대한 규제	7	4.3%
제외 건(중복 응답)	2	1.2%
합계	162	100.0%

❍ 이는 연구 과정 위주의 성과지표 도출과 창출 성과의 실효성을 높이기 위한 사업화 연계가 중요함을 나타내며, 사업기획에서부터 지속적인 활용이 가능한 과학기술 개발을 위주의 성과지표 도출이 필요함을 시사

- 점수로 환산 시, 행정적 관리를 위한 성과지표보단 창출된 성과의 후속 지원이 부족함에 대한 해결의 필요성을 더 중요하게 인식하고 있으며, 성과의 파급력 증대가 필요함을 시사

<표 2-61> (1차) 국가연구개발사업 성과 관리 문제해결 필요성



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
과정을 중시하지 않는 결과 중심의 성과체계	1(1)	2(1)	5(3)	26(16)	34(21)	40(25)	54(33)	912(1)
단순 관리를 위한 성과지표	2(1)	5(3)	3(2)	22(14)	43(27)	50(31)	37(23)	883(3)
창출 성과의 후속 지원을 위한 연계 부족	0(0)	4(2)	5(3)	24(15)	51(31)	35(22)	43(27)	885(2)
성과 활용에 따른 연구자 보상 미흡	9(6)	1(1)	15(9)	52(32)	39(24)	32(20)	14(9)	749(5)
성과 창출 미흡 및 실패에 대한 규제	6(4)	4(2)	13(8)	53(33)	39(24)	30(19)	17(10)	759(4)

❍ 항목 이외에 응답자들은 과제 성격과 무관한 획일적인 논문·특허 성과 관리의 문제점 지적과 창출 성과에 대한 보상, 후속 연계 사업의 필요성 제시

- 연구자들의 후속 및 연계 과제 지원이 가장 많이 제시됨

<표 2-62> 기존 국가연구개발사업 성과 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견

주요 의견
• 관리의 편의성을 위한 획일화된 단편적 성과 위주의 성과 지표 탈피 • 창출 성과의 추가적인 지원을 연계할 수 있는 체계 마련 및 후속 연구지원 확대 필요 - 행정적 관리 감소 필요 - 성과가 아닌 성실성과 수행 역량에 따라 과감히 과제를 중간 중단시킬 수 있는 체계 필요

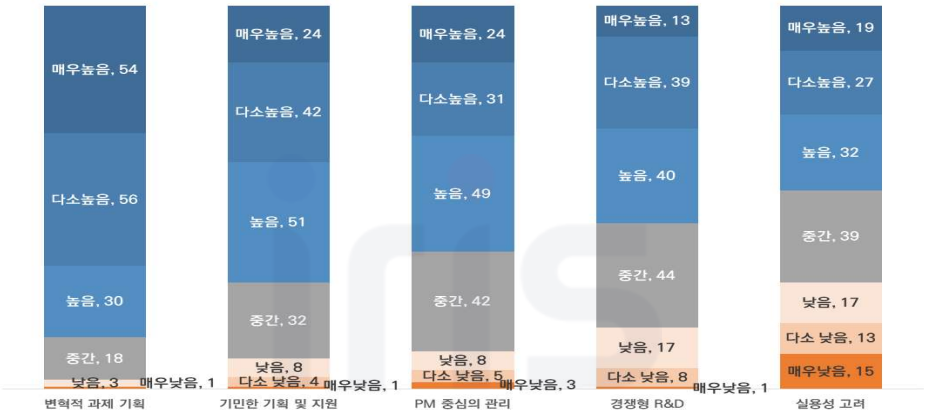
❑ 도전·혁신형 R&D에서 가장 중요한 사항은 실용성을 고려한 임무 설정보단 변혁적이고 도전적인 과제기획으로 민간에서 투자하기 어려운 도전적 연구개발을 수행하는 것임

❍ 기추진된 도전·혁신형 R&D 참여 경험이 있는 응답자들의 절반 정도가 DARPA 벤치마킹 요소 중 변혁적이고 도전적인 과제기획이 매우 중요하다 응답하였으며 92.3%가 긍정적이라 답변

- 또한, 행정적 부담 및 관리의 최소화 등 민첩한 의사결정 프로세스 구축을 통한 기민한 연구 기획과 과제지원이 중요하다 응답한 도전·혁신형 R&D 사업 경험자는 88.4%로 높은 긍정률을 보임

- 연구자들은 연구 분야 설정 및 연구 수행 방식 보단 과제기획, PM 중심의 전주기적 관리 지원 등이 필요하다 인식

<표 2-63> (1차) DARPA 벤치마킹 중요 요소



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
변혁적, 도전적 과제 기획	1(1)	0(0)	3(2)	18(11)	30(19)	56(35)	54(33)	946(1)
기민한 연구기획과 과제 지원	1(1)	4(2)	8(5)	32(20)	51(31)	42(26)	24(15)	836(2)
PM 중심의 R&D 전주기 관리	3(2)	5(3)	8(5)	42(26)	49(30)	31(19)	24(15)	804(3)
포트폴리오 기반의 경쟁형 R&D	1(1)	8(5)	17(10)	44(27)	40(25)	39(24)	13(8)	769(4)
실용성을 고려한 미션 설정	15(9)	13(8)	17(10)	39(24)	32(20)	27(17)	19(12)	703(5)

❍ 문항 이외에 응답자들은 자유로운 연구 환경 조성 및 자율성 보장과 장기적인 관점에서의 투자, PM의 전문성 등을 고려해야 한다는 의견 제시

- DARPA를 벤치마킹할 시, 연구 결과에 대한 보안 또한 필요할 것으로 예측

➟ 1건의 High Impact 논문으로 과제를 성공적으로 마친 것으로 간주할 수 있을 정도의 성과 관리 필요

나. (2차) 기초중견사업 참여자 대상

❑ 응답자들의 대부분은 도전·혁신형 사업에 참여한 적이 없으나, 도전·혁신형 사업 특성에 맞는 유연한 사업 추진과 혁신적인 과제 발굴의 중요성을 인식

❍ 기초중견사업 과제참여자들은 기초연구를 주로 수행하며, 대부분이 대학교(원)에 소속(92.2%)된 것으로 확인

<표 2-64> (2차) 응답자 정보 및 일반 문항 (사업 유형 중복 응답)

Q.1-2. 국가연구개발사업 참여 응답자 현황								
구분	예				아니요			
	121 명				7 명			
참여 사업유형	기초	응용	개발	기타	기초	응용	개발	기타
	109	3	10	-	-	-	-	-

❍ 도전·혁신형 R&D 사업에 참여한 인원은 전체 128명 중 14명(11%)

- 응답자의 대부분이 과기정통부에서 진행한 도전·혁신형 R&D 사업에 참여한 것으로 확인

➟ 과기정통부에서 새로운 혁신 창출을 수행하는 다양한 도전·혁신형 R&D 사업을 수행하였으며, 그 중 미래유망융합기술파이오니어, 혁신도전 프로젝트, 과학난제도전융합연구개발사업, 미래소재디스커버리사업 등에 참여

<표 2-65> (2차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답)

Q.1-3. 국가연구개발사업 참여현황 응답자 현황																			
구분	예															아니요			
	14 명															114 명			
응답자 유형	과제책임자					공동연구자					참여연구원					기초	응용	개발	기타
	5					5					4					-	-	-	-
	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타				
	-	-	1	2	2	-	2	-	1	2	-	3	1	-	-				

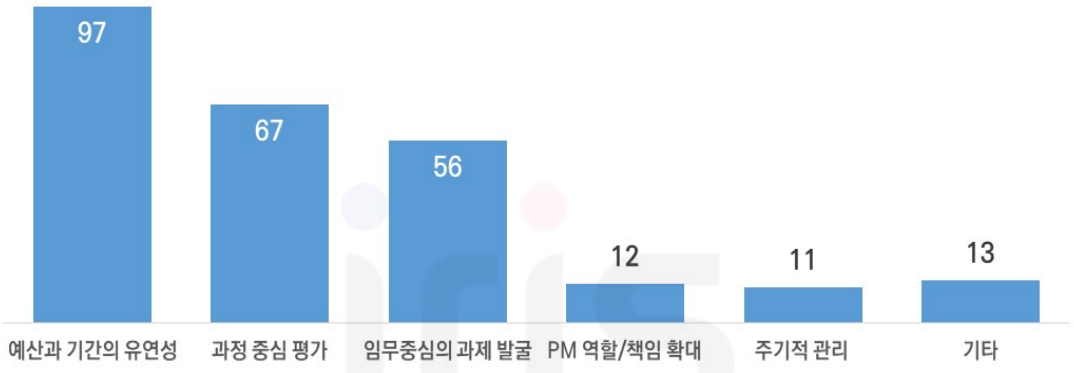
❑ 응답자들 도전·혁신형 R&D 사업 추진에 있어 기획의 중요성을 더 많이 인식하고 있으며, 혁신의 주도적 역할을 담당하는 PM의 중요성에 대한 인식은 미흡한 것으로 판단

❍ 과기정통부에서 도전·혁신형 R&D 사업을 추진할 시, 고려해야 할 사항으로는 연구과제 특성에 맞는 예산과 기간의 유연성을 가장 많이 선택

- 다음으로는 과제 실패를 용인하는 등의 과정 중심의 평가, 국가·사회적 임무중심의 과제 발굴 순이었으며, 응답자의 대부분은 사업 추진에 있어 유연한 과제 관리가 필요하다고 생각하는 것으론 판단

- **기타** 의견으로는 연구자 중심의 Bottom-up 과제 추진과 도전·혁신형 R&D 사업 특성에 맞는 과제 발굴의 중요성 등을 제시

<표 2-66> (2차) 도전혁신형 사업 추진 시 고려해야 할 중요 요소 (중복 응답)

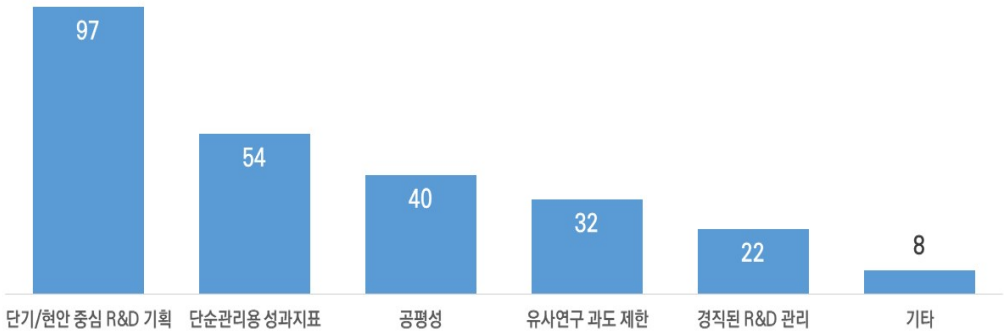


구분	응답수	비율
연구과제 특성에 맞는 예산과 기간의 유연성	97	37.9%
과정 중심의 평가(과제 실패 용인)	67	26.2%
국가 · 사회적 임무중심의 과제 발굴	56	21.9%
PM의 역할과 책임 확대	12	4.7%
주기적인 성과 관리 및 모니터링 강화	11	4.3%
기타	13	5.1%
총 합계	256	100.0%

❍ 기존 R&D 체계 중 도전·혁신형 R&D를 방해하는 요인으로 가장 많이 뽑힌 요인은 단기·현안 중심의 R&D 기획(37.9%)이었으며, 단순 관리를 위한 성과 지표(21.1%) 항목이 다음 순으로 응답 됨에 따라, 응답자들의 절반 이상은 기획-성과 관리 순으로 문제가 있다고 판단

- **기타** 의견으로 자율성을 과도하게 제안하는 세분화된 과제와 Top-down 위주의 과제 지원 등이 존재

<표 2-67> (2차) 도전·혁신형 R&D 추진 방해 요소 (중복 응답)

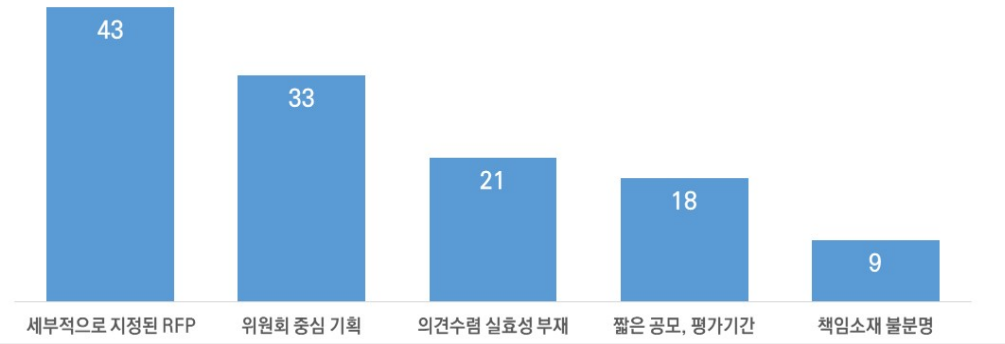


구분	응답수	비율
단기 · 현안 중심 R&D 기획	97	37.9%
단순 관리를 위한 성과지표(논문, 특허 등)	54	21.1%
공평성에 치우친 R&D 배분	40	15.6%
유사 연구에 대한 과도한 제한(키워드 중시의 중복성 검토 등)	32	12.5%
경직된 R&D 관리 제도	22	8.6%
기타	8	3.1%
제외(미응답)	3	1.2%
합계	256	100.0%

❑ 기존 R&D 기획 과정에서 가장 큰 문제점은 세부적인 방법론·기술이 지정된 RFP로 연구자의 자율적 연구 활동이 어려운 기획이라 응답

❍ 자율성 보장이 어려운 기획뿐만 아니라 위원회 중심의 과제 기획으로 연구 현장의 의견 수렴이 부족함이 문제라 지적

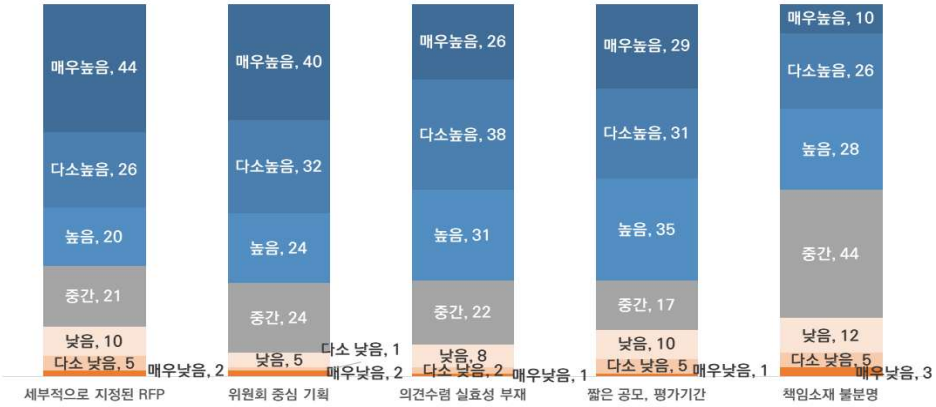
<표 2-68> (2차) 국가연구개발사업 과제 기획의 문제점



구분	응답수	비율
세부적인 방법론, 기술이 지정된 RFP	43	33.6%
위원회 중심의 과제 기획	33	25.8%
연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재	21	16.4%
과제 기획 · 선정의 짧은 공모, 평가 기간	18	14.1%
책임소재가 불분명한 문제 정의	9	7.0%
제외 건(중복 응답)	3	3.1%
합계	128	100.0%

❍ ‘연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재’와 ‘과제 기획·선정의 짧은 공모, 평가 기간’ 항목 문제해결 필요성에 긍정하였으며 실제 연구를 실행하는 연구자들의 의견 반영이 기획에서 중요하다 생각

<표 2-69> (2차) 국가연구개발사업 과제 기획 문제해결 필요성



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
세부적인 방법론, 기술이 지정된 RFP	2(2)	5(4)	10(8)	21(16)	20(16)	26(20)	44(34)	946(1)
위원회 중심의 과제 기획	2(2)	1(1)	5(4)	24(19)	24(19)	32(25)	40(31)	836(2)
연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재	1(1)	2(2)	8(6)	22(17)	31(24)	38(30)	26(20)	804(3)
과제 기획·선정의 짧은 공모, 평가 기간	1(1)	5(4)	10(8)	17(13)	35(27)	31(24)	29(23)	769(4)
책임소재가 불분명한 문제 정의	3(2)	5(4)	12(9)	44(34)	28(22)	26(20)	10(8)	703(5)

❍ 항목 이외에 응답자들은 도전·혁신형 과제 특성을 반영하여 성과의 실용성보단 기초연구를 통한 데이터 확보와 다양한 현장 연구자들의 의견을 반영한 기획의 필요성을 제시

<표 2-70> (2차) 기존 국가연구개발사업 기획에 있어 문제점 관련 설문 응답자 의견

주요 의견
• ‘R&D 카르텔’의 존재 - 소수 위원회 중심의 기획 지양, 공평성 및 투명성 필요 • 과제 기획 시 다양한 의견반영을 위한 오픈이노베이션 및 오픈된 위원회 구조 필요 • 기획에서의 양적 지표 명시 및 양적 평가 방식 지양 필요 - RFP에 해결 문제만을 제시, 해결방안은 과제 제안 및 평가과정에서 결정하는 것이 바람직 • 성과의 실용성보단 기초 데이터 확보를 위한 연구 수행 필요 - 도전·혁신에 맞는 사업화 기술이전을 고려하지 않는 기초연구 필요 • 예산 및 연구비의 Bottom-up 구조 전환 필요 • 행정 편의성 위주의 연구 기획이 아닌 연구현장의 의견 반영이 필요 • 총괄과제와 세부과제 기획 시 연관성 확보 필요 - 역량 있는 PM의 기획 주도 필요

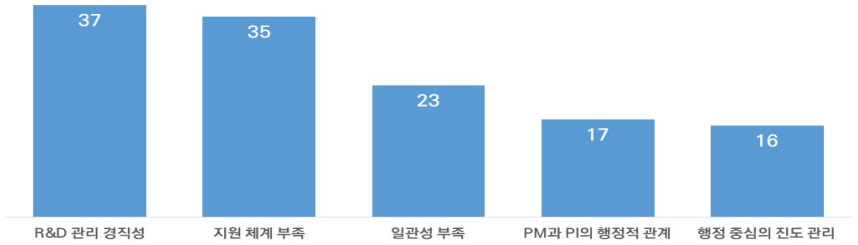
❑ 기존 R&D 관리의 문제점으로 환경변화에 대응하지 못하는 관리와 미흡한 연구자 지원체계를 뽑았으며, 연구개발 원활한 수행이 어렵다 분석됨

❍ 응답자들은 행정 중심의 관리보다는 연구자 지원체계 부족을 지적

➟ 1차, 2차 수요조사에서 대상자 모두 R&D 관리의 경직성이 가장 문제라고 응답하였으나, 다음 순으로 응답률이 높은 항목이 다른 것은 수요조사 책임자와 참여연구원 사이의 차이라 판단

* (1차 2순위 항목) 행정 중심의 연구진도 관리, (2차 2순위 항목) 연구자를 지원하는 체계 부족

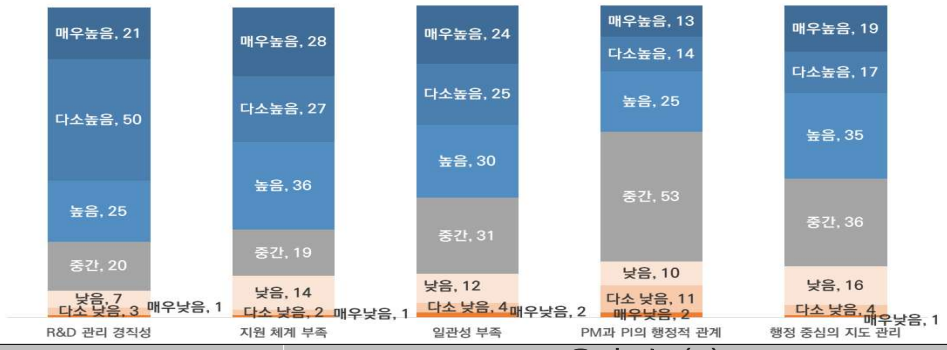
<표 2-71> (2차) 국가연구개발사업 과제 관리의 문제점



구분	응답수	비율
환경 변화에 대응하지 못하는 R&D 관리 경직성 (환경 변화가 반영되지 못한 미흡한 R&D 관리 가이드라인 마련 및 준용 사례 등)	37	28.9%
연구자를 지원하는 체계 부족 (연구 목표 달성과 연계된 연구 지원 기능 부족 등)	35	27.3%
기획과 관리의 일관성 부족 (과제 기획과 관리의 연계성 부족 등)	23	18.0%
PM과 PI의 행정적 관계 (연구 수행의 이해가 부족한 PM의 행정 중심 관리 등)	17	13.3%
행정 중심의 연구진도 관리 (후속 조치가 부재한 보고서 제출/접수 수준의 관리 등)	16	12.5%
합계	128	100.0%

❍ 현장의 연구자들은 행정적 역할 부담 및 관계보다는 연구 과정에서의 지원과 관리가 중요하다 인식

<표 2-72> (2차) 국가연구개발사업 과제 관리 문제해결 필요성



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
변화에 대응하지 못하는 R&D관리 경직성	1(1)	3(2)	7(6)	20(16)	25(20)	50(39)	21(17)	680(1)
연구자를 지원하는 체계 부족	1(1)	2(2)	14(11)	19(15)	36(28)	27(21)	28(22)	661(2)
기획과 관리의 일관성 부족	2(2)	4(3)	12(9)	31(24)	30(23)	25(20)	24(19)	638(3)
PM과 PI의 행정적 관계	2(2)	11(9)	10(8)	53(41)	25(20)	14(11)	13(10)	566(5)
행정 중심의 연구진도 관리	1(1)	4(3)	16(13)	36(28)	35(27)	17(13)	19(15)	611(4)

❍ 항목 이외에 응답자들은 연구 수행 이외의 행정적 관리를 위한 서류 작성에 어려움을 호소하고 있으며 행정 관리를 위한 노동력 간소화와 자유로운 연구 환경 조성 필요성을 제시

<표 2-73> (2차)기존 국가연구개발사업 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견

주요 의견
• 실적 보고서 작성, 서류 제출 등 행정적 낭비 간소화 필요 • 목표 달성에 있어 유연한 연구 환경 조성 필요 - 양적 목표 달성의 유연성 및 Negative 관리를 통해 연구 자율성 확보 필요 • 연구자 지원 체계 및 연구비 지원 체계 구축 필요 • 전문적인 PM을 통한 연구 관리 필요

❑ 응답자들은 결과 중심 성과 관리 및 지원체계 부족이 문제라 응답

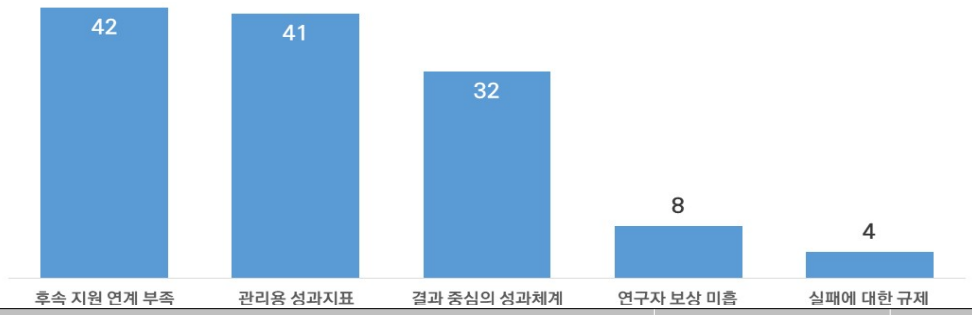
❍ 기존 R&D 성과 관리의 가장 큰 문제점으로 '창출 성과의 후속 지원을 위한 연계 부족' 항목이 뽑힌 것은 응답자의 대부분이 대학교(원) 소속으로 기초연구를 수행함에 따라 지속적인 연구개발의 중요성을 피력하였기 때문으로 판단

- '창출 성과의 후속 연계', '관리를 위한 성과지표', '결과 중심의 성과체계' 문항의 응답률이 89.8%이며, 이는 성과 창출에 대한 보상 및 규제보단 성과 관리 체계에 문제점이 있다고 판단

➟ 행정적 관리 위주의 성과체계로 인하여 창출 성과의 연계 부족 등 분절적 연구개발 사업이 문제임을 시사

➟ 결과를 중시하는 R&D 체계로 인하여 변혁적 연구개발보단 점진적 연구개발 위주로 연구개발 사업이 진행된다 분석됨

<표 2-74> (2차) 국가연구개발사업 성과 관리의 문제점



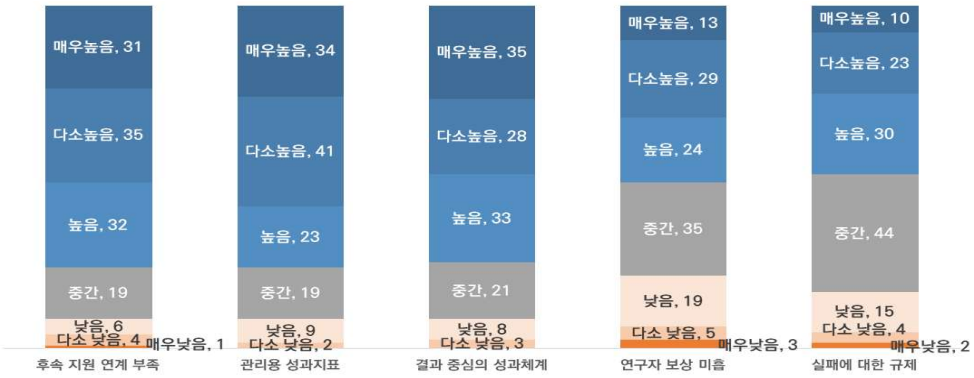
구분	응답수	비율
창출 성과의 후속 지원을 위한 연계 부족	42	32.8%
단순 관리를 위한 성과지표	41	32.0%
과정을 중시하지 않는 결과 중심의 성과체계	32	25.0%
성과 활용에 따른 연구자 보상 미흡	8	6.3%
성과 창출 미흡 및 실패에 대한 규제	4	3.1%
제외 건(중복 응답)	1	0.8%
합계	128	100.0%

❍ 응답자들은 창출 성과의 지속적인 연구개발 추진과 연구 과정 위주의 성과지표 도출을 위한 노력이 필요하다 응답

- 연구자 보상 및 규제 또한 중요하다 인식하였으나, 연구참여자들의 대부분은 지속적인 과학기술 개발을 위한 체계 마련이 필요하다 응답

- 점수로 환산 시, 응답자들은 단순 관리를 위한 성과지표를 해결하는 것이 가장 필요하다 응답하였으며 이는 행정적 낭비를 간소화하고 연구 과정 중심의 성과체계가 필요함을 시사

<표 2-75> (2차) 국가연구개발사업 성과 관리 문제해결 필요성



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
창출 성과의 후속 지원을 위한 연계 부족	1(1)	4(3)	6(5)	19(15)	32(25)	35(27)	31(24)	690(3)
단순 관리를 위한 성과지표	0(0)	2(2)	9(7)	19(15)	23(18)	41(32)	34(27)	706(1)
과정을 중시하지 않는 결과 중심의 성과체계	0(0)	3(2)	8(6)	21(16)	33(26)	28(22)	35(27)	692(2)
성과 활용에 따른 연구자 보상 미흡	3(2)	5(4)	19(15)	35(27)	24(19)	29(23)	13(10)	595(4)
성과 창출 미흡 및 실패에 대한 규제	2(2)	4(3)	15(12)	44(34)	30(23)	23(18)	10(8)	589(5)

❍ 항목 이외에 응답자들은 단기적 성과 달성을 요구하는 현 성과 관리에서 벗어난 연구의 성실성 및 과정을 평가하는 지표의 필요성과 이후 성과 활용 및 연계 지원을 위한 기관(프로그램)이 필요 의견을 제시

<표 2-76> (2차) 기존 국가연구개발사업 성과 관리 문제점 관련 설문 응답자 의견

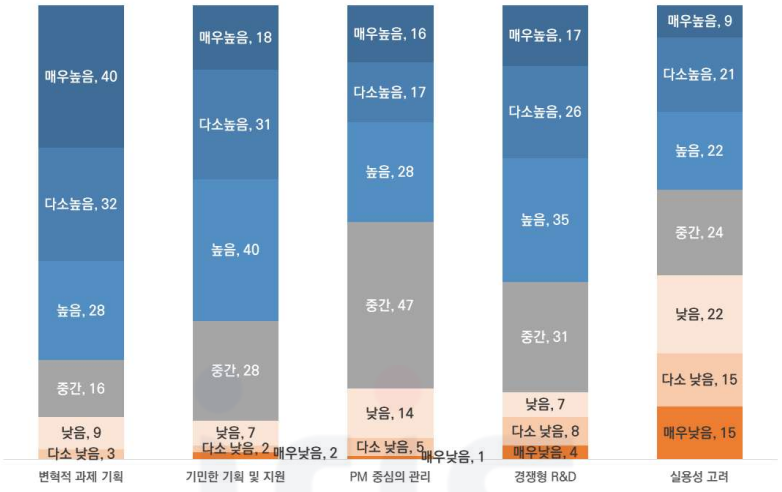
주요 의견
• 단기적 성과 달성 요구 지양 • 정량적 성과지표 관리가 아닌 연구의 성실성 파악을 위한 발표평가 필요 • 창출 성과를 성공적으로 시장에 이전하는 것도 중요함에 따라 기술이전 및 상업화를 지원하는 프로그램과 정책 강화 필요 - 성과 창출 지원을 수행하는 연구관리기관 필요

❑ 도전·혁신형 R&D에서 가장 중요한 사항은 실용성을 고려한 임무 설정보단 변혁적이고 도전적인 과제기획으로 민간에서 투자하기 어려운 도전적 연구개발을 수행하는 것임

❍ 기추진된 도전·혁신형 R&D 참여 경험이 있는 응답자들의 92.9%가 '변혁적이고 도전적인 과제 기획' 벤치마킹에 긍정적이라 답변

- 또한 산업에서의 실용성을 고려하는 연구개발이 아닌 점진적 기술개발을 지양하는 변혁적 기술개발과 민첩한 의사결정을 통한 연구 수행과 지원이 필요하다 인식

<표 2-77> (2차) DARPA 벤치마킹 중요 요소



구분	응답 수 (%)							점수 (순위)
	부정			중간	긍정			
	매우낮음	다소낮음	낮음		높음	다소높음	매우높음	
변혁적, 도전적 과제 기획	0(0)	3(2)	9(7)	16(13)	28(22)	32(25)	40(31)	709(1)
기민한 연구기획과 과제 지원	2(2)	2(2)	7(5)	28(22)	40(31)	31(24)	18(14)	651(2)
PM 중심의 R&D 전주기 관리	1(1)	5(4)	14(11)	47(37)	28(22)	17(13)	16(13)	595(4)
포트폴리오 기반의 경쟁형 R&D	4(3)	8(6)	7(5)	31(24)	35(27)	26(20)	17(13)	615(3)
실용성을 고려한 미션 설정	15(12)	15(12)	22(17)	24(19)	22(17)	21(16)	9(7)	506(5)

❍ DARPA 벤치마킹 시, 기초연구의 중요성 인식과 상시적인 연구지원의 필요성 인식을 강조

- 연구를 위해 상주하는 PM과 PM의 독립성 부여 등 사업을 주도할 수 있는 PM 벤치마킹 필요 의견이 존재

다. (전체) 사업수요조사 전체 응답자 대상

❑ (응답자 정보 및 일반 문항)

❍ (조사대상) 국가연구개발사업 과제책임자 및 연구자들을 대상으로 수행

- (1차) 국책연구사업의 과제책임자 1,923명을 대상으로 설문 실시, 162명의 최종 응답 회수(응답률 : 8.4%)
- (2차) 기초중견연구를 수행하였던 연구자 1,722명을 대상으로 설문 실시, 128건의 최종 응답 회수(응답률 : 7.4%)

<표 2-78> 사업수요조사 응답자 현황

구분	국책연구사업 책임자(1차)		기초중견연구 수행자(2차)		응답 합계
	대상자	응답자	대상자	응답자	
학계	-	100	-	118	218
연구계	-	52	-	9	61
산업계	-	10	-	1	11
계	1,923	162	1,722	128	290

* 구분 : 산업계(기업 및 기업부설연구소 등), 학계(대학교, 학회 등), 연구계(출연연 등)

❍ 응답자 중 도전·혁신형 국가연구개발사업에 참여한 적이 있는 연구자는 40명으로 대부분 과기정통부에서 진행한 사업에 참여

<표 2-79> (1차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답)

Q.1-3. 도전·혁신형 국가연구개발사업 참여 응답자 현황																			
구분	예															아니요			
	26 명															136 명			
응답자 유형	과제책임자					공동연구자					참여연구원					기초	응용	개발	기타
	19					5					3					-	-	-	-
	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타				
	1	8	3	4	4	2	1	-	1	2	1	-	-	1	1				

<표 2-80> (2차) 응답자 정보 및 일반 문항 (참여 형태 및 사업 유형 중복 응답)

Q.1-3. 도전·혁신형 국가연구개발사업 참여 응답자 현황																			
구분	예															아니요			
	14 명															114 명			
응답자 유형	과제책임자					공동연구자					참여연구원					기초	응용	개발	기타
	5					5					4					-	-	-	-
	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타	글프	혁신	난제	알키	기타				
	-	-	1	2	2	-	2	-	1	2	-	3	1	-	-				

❑ 응답자들 도전·혁신형 R&D 사업 추진에 있어 기획의 중요성을 더 많이 인식하고 있으며, 혁신의 주도적 역할을 담당하는 PM의 중요성에 대한 인식은 미흡한 것으로 판단

❍ 과기정통부에서 도전·혁신형 R&D 사업을 추진할 시, 고려해야 할 사항으로 국책연구책임자와 기초중견연구 수행자 모두 연구과제 특성에 맞는 예산과 기간의 유연성을 가장 많이 선택

- (1차) 기타 의견으로는 연구 주제 선정과 관련한 응답이 다수였으며, 제도적 뒷받침과 과제 기간 연장, 책임자의 도전성, 수행 주체별 차별화된 R&D 기획 등 또한 중요하다고 응답

➟ ①기술 트렌드 중심의 문제정의 및 주제 선정 탈피, ②창의적 과제 발굴, ③주제 및 질문의 참신성 등 사업기획에서 과제 발굴이 중요하다 응답

- (2차) 기타 의견으로는 연구자 중심의 Bottom-up 과제 추진과 도전·혁신형 R&D 사업 특성에 맞는 과제 발굴의 중요성 등을 제시

<표 2-81> 도전·혁신형 사업 추진 시 고려해야 할 중요 요소 (중복 응답)

구분	국책연구책임자(1차)		기초중견연구수행자(2차)	
	응답수	비율	응답수	비율
연구과제 특성에 맞는 예산과 기간의 유연성	108	33.3%	97	37.9%
과정 중심의 평가(과제 실패 용인)	84	25.9%	67	26.2%
국가·사회적 임무중심의 과제 발굴	79	24.4%	56	21.9%
PM의 역할과 책임 확대	38	11.7%	12	4.7%
주기적인 성과 관리 및 모니터링 강화	7	2.2%	11	4.3%
기타	8	2.5%	13	5.1%
총 합계	324	100.0%	256	100.0%

❍ 기존 R&D 체계 중 도전·혁신형 R&D를 방해하는 요인으로 가장 많이 뽑힌 요인은 단기·현안 중심의 R&D 기획이었으며, 국책사업 연구책임자는 기획-관리 순으로 문제가 있다 판단하였으나 기초중견연구 수행자들은 기획-성과 순으로 문제가 있다 판단

<표 2-82> 도전·혁신형 R&D 추진 방해 요소 (중복 응답)

구분	국책연구책임자(1차)		기초중견연구수행자(2차)	
	응답수	비율	응답수	비율
단기·현안 중심 R&D 기획	123	37.8%	97	37.9%
단순 관리를 위한 성과지표(논문, 특허 등)	82	25.2%	54	21.1%
경직된 R&D 관리 제도	55	16.9%	22	8.6%
유사 연구에 대한 과도한 제한	32	9.8%	32	12.5%
공평성에 치우친 R&D 배분	30	9.2%	40	15.6%
기타	3	0.9%	8	3.1%
제외(미응답)	-	-	3	1.2%
합계	325	100.0%	256	100.0%

❑ 기존 R&D 기획 과정에서 가장 큰 문제점은 세부적인 방법론·기술이 지정된 RFP로 연구자의 자율적 연구 활동이 어려운 기획이라 응답

❍ 자율성 보장이 어려운 기획뿐만 아니라 위원회 중심의 기획 문제 또한 중요하다 인식

<표 2-83> 국가연구개발사업 과제 기획의 문제점

구분	국책연구책임자(1차)		기초중견연구수행자(2차)	
	응답수	비율	응답수	비율
세부적인 방법론, 기술이 지정된 RFP	52	32.1%	43	33.6%
위원회 중심의 과제 기획	35	21.6%	33	25.8%
과제 기획 · 선정의 짧은 공모, 평가 기간	32	19.8%	18	14.1%
연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재	25	15.4%	21	16.4%
책임소재가 불분명한 문제 정의	17	10.5%	9	7.0%
제외 건(중복 응답)	1	0.6%	3	3.1%
합계	162	100.0%	128	100.0%

- 국책연구자들은 연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재의 문제해결이 위원회 중심의 과제 기획보다 중요하다 인식하였으나, 기초중견연구 수행자들은 위원회 중심의 과제 기획 지양이 더 필요하다 인식

<표 2-84> 국가연구개발사업 과제 기획 문제해결 필요성

구분	국책연구책임자(1차)	기초중견연구수행자(2차)
세부적인 방법론 · 기술이 지정된 RFP	874점(1위)	946점(1위)
위원회 중심의 과제 기획	821점(4위)	836점(2위)
과제 기획 · 선정의 짧은 공모, 평가 기간	826점(3위)	769점(4위)
연구 현장 의견 수렴의 실효성 부재	830점(2위)	804점(3위)
책임소재가 불분명한 문제 정의	737점(5위)	703점(5위)

❍ 두 응답 대상자 모두 도전·혁신형 R&D 특성에 맞는 혁신적인 과제 기획이 필요하다 인식

- 국책 연구자들은 도전·혁신적 과제의 특성을 반영하지 못한 연구개발 체계의 문제점과 기획 과정에 있어 형평성 문제 등에 대한 해결이 필요하다 의견 제시

- 항목 이외에 응답자들은 도전·혁신형 과제 특성을 반영하여 성과의 실용성보단 기초연구를 통한 데이터 확보와 다양한 현장 연구자들의 의견을 반영한 기획의 필요성을 제시

❑ 기존 R&D 관리에서 가장 큰 문제점은 경직성으로 대내외 환경변화에 대응하지 못하는 연구관리 환경을 유연하고 연구자 중심으로 전환해야 한다 인식

❍ 국책연구 책임자들은 R&D 관리에서 행정적 문제로 어려움이 존재함을 시사하였으나, 기초중견연구 수행자들은 행정 중심의 관리보다는 연구자 지원체계 부족을 지적

➟ 1차, 2차 수요조사에서 대상자 모두 R&D 관리의 경직성이 가장 문제라고 응답하였으나, 다음 순으로 응답률이 높은 항목이 다른 것은 수요조사 책임자와 참여연구원 사이의 차이라 판단

<표 2-85> 국가연구개발사업 과제 관리 기획의 문제점

구분	국책연구책임자(1차)		기초중견연구수행자(2차)	
	응답수	비율	응답수	비율
환경변화에 대응하지 못하는 R&D 관리 경직성	52	32.1%	37	28.9%
행정 중심의 연구진도 관리	35	21.6%	16	12.5%
연구자를 지원하는 체계 부족	27	16.7%	35	27.3%
기획과 관리의 일관성 부족	27	16.7%	23	18.0%
PM과 PI의 행정적 관계	20	12.3%	17	13.3%
제외 건(중복 응답)	1	0.6	-	-
합계	162	100.0%	128	100.0%

- 국책사업 연구책임자들은 또한 연구자의 역할보단 관리체계가 근본적인 문제 원인이라 판단한 것으로 분석되었으며, 현장의 연구자들은 행정적 역할 부담 및 관계보다는 연구 과정에서의 지원과 관리가 중요하다 인식

<표 2-86> 국가연구개발사업 과제 관리 문제해결 필요성

구분	국책연구책임자(1차)	기초중견연구수행자(2차)
변화에 대응하지 못하는 R&D관리 경직성	894점(1위)	680점(1위)
행정 중심의 연구진도 관리	838점(2위)	611점(4위)
연구자를 지원하는 체계 부족	814점(4위)	661점(2위)
기획과 관리의 일관성 부족	816점(3위)	638점(3위)
PM과 PI의 행정적 관계	707점(5위)	566점(5위)

❍ 국책사업 연구책임자들은 연구 중간 변경이 어려운 관리 구조 해결 및 PM 주도의 과제 운영의 자율성이 필요하다는 의견을 제시하였으나, 연구수행자들은 연구 수행 이외의 행정적 관리를 위한 서류 작성에 어려움을 호소하고 있으며 행정 관리를 위한 노동력 간소화와 자유로운 연구 환경 조성 필요성을 제시

❑ 기존 R&D 성과 관리에서의 문제점은 성과 관리 체계에 존재

❍ 국책사업 연구책임자들은 성과 관리의 문제점은 행정적 성과 관리체계에 존재한다 답했으나, 기초중견연구 수행자들은 결과 중심 성과 관리 및 지원체계 부족이 문제라 응답

➟ 이러한 차이는 기초중견연구 수행자들이 대부분이 대학교(원) 소속으로 기초연구를 수행함에 따라 지속적인 연구개발의 중요성을 피력하였기 때문으로 판단

- 두 대상집단 모두 '결과 중심의 성과체계', '관리를 위한 성과지표', '창출 성과의 후속 연계' 문항의 응답률이 89% 이상으로 성과 창출에 대한 보상 및 규제보단 성과 관리 체계에 문제점이 있다고 판단

➟ 행정적 관리 위주의 성과체계로 인하여 창출 성과의 연계 부족 등 분절적 연구개발 사업이 문제임을 시사

➟ 결과를 중시하는 R&D 체계로 인하여 변혁적 연구개발보단 점진적 연구개발 위주로 연구개발 사업이 진행된다 분석됨

<표 2-87> 국가연구개발사업 성과 관리 기획의 문제점

구분	국책연구책임자(1차)		기초중견연구수행자(2차)	
	응답수	비율	응답수	비율
과정을 중시하지 않는 결과 중심의 성과체계	53	32.7%	32	25.0%
단순 관리를 위한 성과지표	47	29.0%	41	32.0%
창출 성과의 후속 지원을 위한 연계 부족	45	27.8%	42	32.8%
성과 활용에 따른 연구자 보상 미흡	8	4.9%	8	6.3%
성과 창출 미흡 및 실패에 대한 규제	7	4.3%	4	3.1%
제외 건(중복 응답)	2	1.2%	1	0.8%
합계	162	100.0%	128	100.0%

- 과제 책임자와 참여연구자 모두 결과 위주의 행정적 관리의 편의성을 성과지표에 문제점이 있다고 인식하였으며, 연구의 지속적인 추진이 필요하다 인식

<표 2-88> 국가연구개발사업 성과 관리 문제해결 필요성

구분	국책연구책임자(1차)	기초중견연구수행자(2차)
과정을 중시하지 않는 결과 중심의 성과체계	912점(1위)	692점(2위)
단순 관리를 위한 성과지표	883점(3위)	706점(1위)
창출 성과의 후속 지원을 위한 연계 부족	885점(2위)	690점(3위)
성과 활용에 따른 연구자 보상 미흡	749점(5위)	595점(4위)
성과 창출 미흡 및 실패에 대한 규제	759점(4위)	589점(5위)

❍ 항목 이외에 응답자들은 과제 성격과 무관한 획일적인 논문·특허 성과 관리 지적과 창출 성과에 대한 보상, 후속 연계 사업의 필요성 제시

- 단기적 성과 달성을 요구하는 성과지표가 아닌 연구의 성실성 및 과정을 평가하는 지표 필요

❑ 도전·혁신형 R&D에서 가장 중요한 사항은 실용성을 고려한 임무 설정보단 변혁적이고 도전적인 과제기획으로 민간에서 투자하기 어려운 도전적 연구개발을 수행하는 것임

❍ 도전·혁신형 R&D 참여 경험이 있는 응답자들의 92% 이상이 변혁적이고 도전적인 과제기획이 중요하다가 인식

- 국책연구 책임자들은 연구 분야 설정 및 연구 수행 방식 보단 과제기획, PM 중심의 전주기적 관리 지원 등이 필요하다 인식

- 기초중견사업 수행자들은 산업에서의 실용성을 고려하는 연구개발이 아닌 점진적 기술개발을 지양하는 변혁적 기술개발과 민첩한 의사결정을 통한 연구 수행과 지원이 필요하다 인식

<표 2-89> DARPA 벤치마킹 중요 요소

구분	국책연구책임자(1차)	기초중견연구수행자(2차)
변혁적, 도전적 과제 기획	946점(1위)	709점(1위)
기민한 연구기획과 과제 지원	836점(2위)	651점(2위)
PM 중심의 R&D 전주기 관리	804점(3위)	595점(4위)
포트폴리오 기반의 경쟁형 R&D	769점(4위)	615점(3위)
실용성을 고려한 미션 설정	703점(5위)	506점(5위)

❍ 문항 이외에 국책사업 연구책임자들은 자유로운 연구 환경 조성 및 자율성 보장과 장기적인 관점에서의 투자, PM의 전문성 등을 고려해야 한다는 의견 제시

- DARPA를 벤치마킹할 시, 연구 결과에 대한 보안 또한 필요할 것으로 예측

  ➟ 1건의 High Impact 논문으로 과제를 성공적으로 마친 것으로 간주할 수 있을 정도의 성과 관리 필요

❍ 기초중견연구 수행자들은 기초연구의 중요성 인식과 상시적인 연구지원의 필요성 인식을 강조

- 연구를 위해 상주하는 PM의 독립성 부여, 사업 주도할 수 있는 PM제도 벤치마킹 필요 의견이 존재

라. 사업 수요조사 시사점

❑ 도전·혁신형 연구개발을 위해선 사업의 특성을 고려한 자율성 부여, 신속한 변화 대응, 연구자 지원체계 구축 및 결과 중심에서 벗어난 성과 관리 등이 필요

❍ 연구자들은 사업 추진에 있어 기획의 중요성을 높이 평가하고 있으며 단기·현안 중심의 R&D 기획이 혁신·도전적 사업 추진을 어렵게 한다고 인식

❍ 국가 경쟁력 향상을 위한 변혁적 기술 확보를 위해선 실패 가능성이 높아 민간에서 투자하기 어려운 도전적 문제를 해결할 수 있는 연구개발 사업이 필요

- 국가·사회적 파급효과가 높은 기술을 확보하고 글로벌 과학기술을 선도할 수 있는 변혁적 기술개발 필요

❍ (사업 추진) 연구자들은 예산과 기간 유연성 등 일관된 사업추진이 아닌 연구과제 특성에 맞는 추진이 중요하다 인식하고 있으며 단기·현안 중심의 R&D 기획이 도전·혁신형 사업을 방해하는 요인으로 판단

- (기획) 세부적인 방법론·기술이 지정된 RFP가 연구자의 자율적 연구 활동에 지장을 준다는 인식이 강하였으며, 이와 연계하여 기존 위원회 중심이 아닌 연주자 중심의 의견 수렴으로 과제 기획이 필요하다 응답

  ➟ 도전·혁신형 R&D 특성에 맞는 혁신적인 과제 기획에 있어 연구자 중심의 기획이 필요할 것으로 분석

- (관리) 대내외 환경변화에 대응하지 못하는 연구관리의 문제점을 인식하고 연구자 중심의 관리로 전환이 필요하다 응답

  ➟ 이를 해결하기 위해선, 자율적 연구 환경 조성을 통한 경직성 타파가 필요

- (성과) 양적 성과지표에 따른 행정적 성과관리체계로 인한 문제점이 두드러지며, 창출 성과의 후속 연계 미흡 등 성과 관리 및 지원 체계 전반이 미흡하다 인식

  ➟ 결과만을 중시하는 행정적 R&D 체계로 인하여 창출 성과가 사업화나 연계 사업으로 이어지지 못하고 있으며, 변혁적 연구가 아닌 점진적 연구개발 위주로 수행되고 있다 판단되며, 이를 위해선 양적 성과 위주가 아닌 연구 진행의 성실성과 과정을 평가하는 성과지표가 필요할 것으로 판단됨

❍ 변혁적이고 도전적인 과제 기획으로 기존 R&D의 문제점을 타파하고, 연구의 자유성을 보장할 수 있는 체계 마련이 필요

- 이를 위해선 실패를 용인하며 과제 수행 과정에서 창출되는 성과를 축적하는 자율적인 연구환경 조성과 연구자와 끊임없는 의사소통을 수행할 수 있는 PM 주도하의 도전적·혁신적 과제기획을 수행하는 DARPA 벤치마킹 필요

3절. 국내 R&D 시사점

❑ 우리나라의 R&D 투자는 세계적 수준이나 투자 대비 성과는 떨어지는 이른바 ‘코리아 R&D 패러독스’ 상황에 고착된 것으로 분석

❍ ‘22년 기준, 우리나라는 이미 중국에 중요 11개 과학기술 분야에서 추월당하였으며, 해외 기술 도입 또한 역대 최대치인 196.3억 달러를 기록하며 기술 패권 경쟁 대응에 미흡함을 확인

- 이는 기존 우리나라의 발전을 견인한 효율 기반의 투자 확대 전략인 Fast-Follower 전략이 더 이상 국가의 성장으로 이어지지 않음을 의미

  ➟ 국가 잠재성장률의 구성 지표인 노동, 자본, 생산성 중 노동력 감소, 자본 투자 확대의 영향력 미비는 국가 잠재성장률의 하락으로 이어졌으며, 과학기술 혁신을 통한 생산성 향상이 국가 잠재성장률 향상을 위한 해결책으로 대두

- 그러나, 우리나라가 핵심기술 확보를 위한 R&D 수행이 미흡하였던 것은 아니었으며 과거 반도체 시장 후발주자였던 우리나라는 정부의 전폭적인 지원 아래 기존의 제품을 뛰어넘는 차세대 제품개발 속도전에 뛰어들어 초고집적 반도체 기술개발에 성공하여 세계 시장을 선도한 경험이 존재

  ➟ 이는 TDX(전전자교환기) 개발을 통해 축적된 다양한 노하우를 바탕으로 개발에 성공하였던 것으로 기존의 패러다임을 전환시키며 시장의 판도를 바꾸는 변혁적 기술은 단기간에 개발되는 것이 아님을 시사

  ➟ 세계를 선도하는 과학기술 개발을 위해선 기존의 기술을 확연하게 뛰어넘어야 하며, 이를 위해선 차세대 기술개발을 위한 역량 향상이 중요

❍ 세계 시장을 선도하였던 초고집적 반도체 기술과 같은 변혁적 성과가 창출되지 않는 이유는 제도화된 국가연구개발사업에 따른 단기적 성장과 양적 성과 창출 위주의 연구과제 기획·관리에 있는 것으로 분석

- 현재 우리나라의 연구개발사업의 높은 성공률은 과학자들이 성공과 실패라는 이분법적인 연구관리 체계를 의식하여 성공하기 쉬운 연구와 객관적인 양적 성과 창출을 위한 과제에만 도전하기 때문으로 인식

- 이와 같은 문제점을 인식하고 이를 해결하기 위한 도전·혁신형 연구개발사업은 다수 추진 되고 있으나, 기존의 연구개발 관리체계에서 수행되고 있어 실효성의 문제가 존재하는 것으로 조사

정부 투자의 효율성을 높이고, 글로벌 경쟁에 대응하기 위해서는
핵심기술의 확보가 필요하며, 확보된 과학기술 활용을 통하여
국내 과학기술계를 포함한 全 분야에서의 경쟁력 제고 필요

제3장. 대내외 여건 분석

3.1 대내외 환경변화 분석

3.2 국내외 과학기술 투자 및 정책 동향

3.3 도전·혁신형 R&D 추진 동향

3.4 DARPA 벤치마킹 요소 분석

3장. 대내외 여건 분석

1절. 대내외 환경변화 분석

1 메가트렌드 개요

❑ 메가트렌드 분석을 위한 STEEP 분석의 방법론 개요

❍ (정의 및 개념) 미래 사회에 영향을 끼칠 수 있는 거시적 환경요인이 무엇인지 파악하기 위한 프레임워크

❍ (목적) 미래기술수요와 관련된 의사 결정자에게 환경의 중요한 동향을 정확하고 객관적으로 예측할 수 있도록 지원

- 한계도전 R&D 프로젝트가 혁신·도전형 R&D 사업임을 감안하여, 파급력 높은 변혁적 기술개발을 위해 고려되어야 할 환경요인과의 부합성 제고

➟ 체계적 필터링 프로세스를 통한 필요 정보의 관리 효율성 증대 및 전략 대안의 평가 기준 및 시나리오 개발을 위한 기초분석 자료서의 활용

❍ (분석범위) 직접적인 영향력이나 통제의 범위를 벗어난 일반환경을 분석대상으로 설정

- 사회적(Social), 기술적(Technological), 경제적(Economic), 자연환경적(Ecological), 정치적(Political) 관점에서 분석

❍ (분석대상) KISTEP 「제6회 과학기술예측조사연구」, NIC 「글로벌 트렌드 2040」, MIT 테크놀로지 리뷰, 「10대 혁신기술」 등의 국내외 미래예측 보고서 및 KOTRA 「한국이 열광할 세계 트렌드」 등 최근 5년('19년~'23년) 동안의 발간자료

❍ (주요 변수) 5개의 영역의 분석 목적을 고려한 변수 설정

- 향후 10년 동안 미래사회에 영향을 줄 수 있는 다양한 외부 요인들을 변수로 설정

❍ 국내외 주요기관이 발표한 메가트렌드 결과 중 도전·혁신형 R&D에 영향을 미치는 핵심 트렌드 선정·분석

- 사회, 기술, 자연환경, 경제, 정책 등 영역별 메가트렌드 분석을 통하여 미래사회를 예측하고, 미래유망기술 및 필요기술 등을 조사·분석 수행

<표 3-1> STEEP 분석의 영역별 변수 (예시)

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

❍ (프로세스) 메가트렌드 STEEP 분석 결과 도출 과정

<표 3-2> STEEP 분석 프로세스

구분
환경 경계를 정의 (Defining Environment boundaries)
⬇
환경 영역을 이해 (Segment of the Environment being analyzed)
⬇
동향간의 상호관계 이해 (Interrelationships between trends)
⬇
동향과 이슈를 연결 (Relate trends to issues)
⬇
이슈의 미래방향을 예측(Forecast the future directions of issues)
⬇
의미 도출 (Drive Implications)

❑ 미래유망기술 도출을 위한 메가트렌드 분석

❍ (목적) 저출산·고령화로 인한 인구구조 변화, 기후변화에 따른 탄소중립 이슈 확산, 4차 산업혁명으로 인한 산업 환경변화, 글로벌 패권 다툼 심화 등의 환경변화로 인하여 바뀔 미래 사회상 및 글로벌 트렌드 변화 조사

- 메가트렌드 분석을 통해 정리된 사회 변화 핵심 이슈를 기반으로 향후 연구개발 시 산업 전반에 큰 영향력을 끼칠 수 있는 시사점 및 유망기술을 도출

❍ (분석대상 선정) 국내외 주요기관에서 발표한 메가트렌드 리스트 및 발간 자료 등을 토대로 도전·혁신형 R&D 사업에 영향을 미치는 트렌드를 분석 대상으로 선정

- 미래사회에 영향력이 클 것으로 예상되는 분야에 대한 STEEP 항목별로 선정하여 핵심 트렌드 선정

➟ 각 항목별 영향도는 연구진 내 논의를 통해 상-중-하로 구분하여 선별

❍ (부문별 분석방법) 개별 트렌드에 대한 전망 및 미래사회상, 산업 기술 등을 도출

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

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

❑ 메가트렌드 분석 대상 Pool 도출

<표 3-3> 메가트렌드 분석 대상

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

* 범례: ○(Low) ↔ ◐(Middle) ↔ ●(High)

2 메가트렌드 분석

가. 사회 : Social

❑ (인구구조의 변화) 노동 인구의 지속적인 감소가 예상되며 이를 위한 인공지능·디지털 기반 기술의 성장 예측

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

- 고령 인구의 증가는 개인의 건강 및 위생 관리와 고령 인구의 사회 활동 증가로 이어질 것으로 판단

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

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

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

❍ (저출생) '19년 통계청에서 작성한 「장래인구 특별추계」에 따르면 총인구의 감소세 전환은 '29년으로 예측되었으나 '20년과 '21년, 사망자가 출생자보다 많은 자연감소와 총인구의 감소로 인구절벽이 예측보다 빨리 발생하여 생산가능인구보다 부양해야 할 인구가 더 많은 인구 오너스 시대(demographic onus)가 시작됨

- 체외수정 후 인공자궁을 통한 출산 등의 임신 없는 출산이 증가하는 사회현상이 나타날 것으로 예측

➟ '22년 2월 중국 연구진들은 인공 자궁에서 인공지능을 이용한 배아 성장 관리 기술 개발을 발표

❍ (이민자) 국가 간 이동의 자유로워짐에 따라 국내 체류 외국 인구수와 이민자들이 증가하였으며, '19년 250만 명, '22년 6월 205만 명을 기록하여 다문화사회로의 진입을 예측

- 또한, 국내 외국인 노동자 및 국제 난민 등의 증가로 인하여 빈곤층 유입이 확대되고 공공재정 지출과 사회적 갈등이 심화될 것으로 전망

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

❑ (비대면 사회로의 전환) 팬데믹이 초래한 온라인 사회서비스 시장 성장은 비대면 사회를 가속화

❍ (제조혁신) 자동화・지능화・원격화 기술의 진보로 인하여 단순 노동이 기계로 대체되는 제조혁신이 일어날 것으로 판단

- 스마트공장의 제조 시스템을 보호할 수 있는 디지털 보안의 수요 증가 전망

  ➟ 인공지능 기술의 활용한 정보/물리/융합 보안 기술의 발전이 예상

- 3D・4D 프린팅 산업의 성장은 글로벌 공급망 변화에 대응하는 제조업 패러다임 변경과 스마트 소재 등을 활용한 제조로 전자 산업 등의 산업 성장으로 이어질 것으로 예측

  ➟ 자가 치유 소재 및 제품 모양 변경 등을 통해 운송 및 물류 상의 변화 예상

- 스마트 소재와 제조의 발전은 고성능 컴퓨팅, 재료 모델링, 인공지능, 생체재료 등의 다양한 분야에서의 발전을 가속화 할 것으로 예측

  ➟ 3D 프린팅과 정보시스템의 발전은 제품 수요에 대한 즉각적인 반응과 고기능 제품의 맞춤 생산을 가능하게 할 것이며 광범위한 기술진화를 촉진시킬 것

❍ (로봇) 기계 학습 및 인간 관찰 등을 통해 로봇의 자율성이 성장하고 다양한 분야에서의 로봇 활용을 기대

- 활동보조형 서비스 로봇만이 아닌 사람과 상호작용이 가능한 휴먼 로봇 시장이 확대될 것이며 정서적 지지를 돕는 휴먼 케어 로봇의 성장 기대

- 인공지능 디지털 휴먼은 온・오프라인 뿐만 아니라 가상세계, 메타버스에서 활용 가능하여 인간의 대체품으로의 활용이 예상되며 이를 위한 인공지능, 클라우드, 5G, 홀로그램 등의 기술발전이 이루어 질 것으로 전망

❍ (가상세계) 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR) 등의 기술발전은 확장현실(XR) 기술과 콘텐츠의 개발로 이어질 것이며, 이는 현실과 가상의 경계를 없앨 것으로 예측

- 시공간을 뛰어넘기 위해 스크린이 아닌 NUI(Natural User Interface)의 시대가 되어 사람의 개입이 최소화되는 지능형 시대로의 발전이 예상되며 교육, 훈련, 진료, 건축 등의 다양한 분야에서 실감적 체험이 가능할 것으로 예측

  ➟ 메타버스와 인공지능의 융복합 기술 발달로 개인 맞춤형 교육 학습장 생성 예상

  ➟ 실감 미디어를 통해 물리적 한계를 극복한 다양한 체험이 가능해 질 것

  ➟ 스마트폰을 대체할 수 있는 XR 디바이스의 대중화는 새로운 개인 컴퓨팅 시대를 열 것으로 예상

- 블록체인과 메타버스의 결합으로 새로운 경제 생태계가 생겨날 것으로 예상되며 새로운 수익 창출 구조로 성장할 시 메타버스 플랫폼 중심에 새로운 경제권이 형성될 것으로 예상

나. 기술 : Technological

❑ (우주・심해 진출) 기술 개발 및 산업 성장으로 인한 활동 범위 확장

❍ (우주생활) 우주 관측에서 나아가 우주 자원 발굴 및 활용, 우주 관광 등 우주로의 활동영역 확장을 예상

- 우주탐사를 위한 발사체, 궤도선・착륙선 제작・발사를 위한 기술개발 및 우주 사물인터넷 기반의 기후・환경・재난 예측을 위한 인공지능 개발 등이 활발히 이루어질 것으로 예측

  ➟ 우주환경과 우주쓰레기에 대한 관심이 높아짐에 따라 초정밀 탐지를 통한 우주쓰레기 식별・추적 기술 개발이 진행될 것으로 예상

  ➟ 또한, 달 궤도 순찰 시스템, 우주 교통 상황 감시 기술 등과 같이 우주 상황 인식을 위한 연구개발이 진행 예정

❍ 우주에서의 장기간 체류를 위해선 달・화성・소행성 등에서 채굴 가능한 우주 자원 활용이 필요할 것으로 예측

- 우주 관광 시대가 열림에 따라, 우주생활을 위한 달・화성 토양을 이용한 농작물 재배 기술 및 자원 채굴 기술 개발과 우주 자원 활용을 통한 3D 프린팅 기술 개발이 예상됨

- 달, 화성, 소행성 등에 다량 매장되어 있을 것으로 추정되는 희토류, 리튬, 헬륨-3 및 지구에 없는 우주 자원 발굴을 위한 우주 채굴기술과 우주 자원 지도 개발을 위한 탐사정 개발이 예상됨

- 우주 관측 데이터 활용을 통한 지구 환경변화 예측, 재해 발생 실시간 모니터링 등의 기술개발과 저궤도 인공위성을 활용한 우주 사물인터넷, 6G 통신 등을 통한 초공간의 시대 예상(밀레니엄 프로젝트, 세계 미래보고서

  ➟ 인공위성 등의 통신망을 연결한 우주 인터넷 기술의 발달과 우주 및 지구 관측을 위한 초고해상도 인공위성 시스템의 개발 등이 이루어질 전망

- 인공위성에서 보내오는 위치 정보에 의존하고 있는 GPS는 양자 포지셔닝 시스템 등을 통해 인공위성에 대한 의존도를 낮출 것으로 전망

  ➟ GPS 정확도 향상은 자율주행차의 성능 향상과 광학 및 음파 센서와의 결합 등을 통해 인류의 삶을 개선하는 수많은 솔루션을 제공할 것

❍ (심해탐사) 천연자원에 대한 지속적인 수요 및 해양자원에 대한 가치 증가로 인하여 심해탐사를 포함한 해양바이오 시장은 크게 성장할 것으로 예측됨

- 심해 생물・광물 자원의 개발을 위해 스마트 로봇 및 디지털트윈 등을 활용한 심해탐사와 무인 자율 탐사정을 이용한 탐사 등이 이루어질 것으로 예상

  ➟ 심해의 생물 및 광물 확보를 위한 자원 채광 및 제련 기술 개발이 진행 될 것으로

예상되며, 심해에서의 위협 탐지를 위해 다양한 스펙트럼 신호 및 데이터 분석 기술개발이 활발해질 것으로 예상

- (극지개발) 해빙으로 인한 북극 항로 이용 및 극지방 자원 활용을 위한 개발이 이루어질 것으로 전망

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

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

❑ (모빌리티의 진화) AI·빅데이터 등을 활용한 자율주행 기반 기술 및 응용기술의 혁신적인 성장 추세

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

- 운전자의 안전 및 교통 흐름 예측·통제 기술, 모빌리티에서 수집되는 이미지 정보를 활용한 고정밀 지도 구축 등의 교통 인프라 고도화 경쟁이 이루어질 것이라 예상

- 오늘날의 유비쿼터스 공용 카메라는 광학 및 기타 센서가 인공지능과 결합해 사람, 차량, 기반 시설을 감시하는 미래의 스마트시티로 이어질 것으로 전망

❍ (자율주행) 정부는 '27년 완전자율주행(Level4) 상용화를 목표로 각종 제도를 정비하고 있으며 '30년 실시간 정보 공유가 가능한 자율주행 통신인프라 구축 예상

- 자율주행 시장의 성장은 차량용 헬스케어 등과 같은 서비스의 이동 및 개인 맞춤형 사업의 성장을 야기할 것으로 예상

➟ 머신러닝, 딥러닝 및 알고리즘 중심의 인공지능의 연구 강화 전망

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

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

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

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

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

➟ 인공지능 활용의 자율비행 드론으로 물류 혁신이 예상되며, 이를 위한 네트워크 구축이 필요

❍ (초고속) 초고속 운송수단 개발 경쟁의 심화로 대륙 간의 이동을 목적으로 하는 초음속항공운송수단 등과 같은 초고속교통수단의 수요가 증가할 것으로 전망

- 지하, 해저, 터널에서의 하이퍼루프는 기존의 교통 문제 해결과 도시 간의 접근성 문제를 해결할 것으로 예측

➟ 튜브 내 압력 유지기술, 차량 부양기술, 가속 및 정지 기술 등의 개발 필요성 증가

❑ (바이오 혁신) 의료 데이터와 AI 기술의 융·복합으로 혁신 성장

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

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

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

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

❍ (미생물치료) 미생물을 활용한 질환 진단·치료 연구는 합성생물학과 헬스케어산업의 성장으로 활발히 이루어지고 있으며, 마이크로바이옴 연구의 가속화에 따라 장·피부 미생물을 통한 개별 맞춤 질병 진단이 가능할 것으로 예측

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

❍ (바이오기술 결합) 빅데이터, AI 등 첨단기술의 활용으로 신약 개발, 유전체 분석, 예측 모델 개발 등에 소요되는 시간을 감축하고 인공지능 활용으로 신약 후보물질 발굴시간 감소 등 다양한 분야와의 융·복합으로 바이오산업의 성장 예측

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

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

- 의료 데이터의 디지털화 및 비대면 사회의 확대로 원격진료의 가속화가 진행

➟ 스마트폰이나 웨어러블 기기를 통한 실시간 데이터 수집으로 빅데이터를 축적하고 인공지능과 머신러닝을 활용을 통한 개인 최적화 의료 시스템 구축 기술과 개인

의료 정보 보안 기술의 필요성 증가

➟ 소프트웨어 기반의 디지털 치료제 시장 확장 전망

- '30년 3D 바이오 프린팅의 상용화가 이루어질 것이며 인체에 무해한 인공 조직 및 장기 제작이 가능해지면서 환자의 삶의 질을 향상 할 것으로 예측

❍ (예방중심) 고령인구의 증가, 만성질환의 증가 등으로 인해 의료 지출은 지속적으로 증가할 것이며, 의료 비용은 사회적 부담으로 작용될 것

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

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

다. 경제 : Economic

❑ (자본시장의 변화) 온라인·모바일 거래 활성화 및 가상화폐의 다양화로 관련한 디지털 기술, 사이버보안 기술 등의 개발이 활성화

❍ (디지털경제) 비대면 디지털 사회로의 전환으로 온라인 경제가 활성화되었으며, 유통·물류·금융 등의 다양한 분야에서 온라인 시장이 성장하였음. 이를 발판으로 디지털 플랫폼이 성장하고, 데이터 기반의 디지털 네트워크 구축이 진행 될 것으로 예측

- 현금이 사라지고 전자화폐 등의 디지털 화폐를 사용하는 사회로의 전환 전망

- 보편화된 금융서비스의 디지털화로 개인 데이터를 활용한 빅데이터 분석, 머신러닝, 인공지능 기술을 통한 개인 맞춤형 서비스가 증가할 것으로 예상

➟ 초연결·초정보 사회에 대비한 인공지능 디지털 보안 및 인공지능을 활용한 마이데이터 관리, 개인정보의 흐름을 파악할 수 있는 빅데이터 기술 등의 선전이 예상

- 현재 가상화폐 시장에서 주로 사용되는 블록체인 기술은 다양한 분야에서의 융·복합을 통해 웹3.0 시대의 토대가 될 것

➟ 초성능, 초연결, 초실감 기술이 블록체인 기반의 초신뢰 기술과 융·복합하여 기존 플랫폼의 불공평과 문제 사항을 해결할 것으로 예측

➟ 디지털 자산의 증가는 자산 거래의 자동화 및 탈중앙 플랫폼으로 연결될 것으로 전망

❑ (신흥국의 등장) 국제 정세 불안정 등으로 국가 및 산업경쟁력의 중요성 심화

❍ (경제다극화) 고령화로 인하여 경제활동인구가 감소한 선진국에서 젊은 노동력을 기반으로 한 개발도상국으로 글로벌 경제 주체가 변경될 것으로 전망

- 미국, 유럽 등 기존 선진국의 GDP 점유율이 점차 감소하고, 아시아의 성장세는

지속됨에 따라 '40년 세계 GDP의 35%는 이사이가 차지할 것으로 예측

➟ 경제력·군사력 등의 기존의 권력 원천과 함께 기술, 정보력, 네트워크 등이 새로운 국력의 구성요소로 등장할 것임

➟ 세계 권력이 변화함에 따라 국제 표준, 규범 등의 경쟁 심화가 예상

- 글로벌 거버넌스의 약화로 국제 시스템을 통한 초국가전 문제가 해결되지 않는 상황이 빈번해질 것이며, 다자주의적 접근이 확산 될 것으로 전망

라. 환경 : Ecological

❑ (에너지원의 변화) 지구 온난화로 촉발된 탄소중립 이슈는 효율적이고 친환경적인 에너지 사용을 위한 기술 개발을 촉진

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

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

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

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

➟ 모든 제품의 재활용을 위한 순환 공급망 개발 및 3D 프린팅 등을 통한 과잉 생산 억제로 물 소비와 이산화탄소 배출량의 감소, 폐기물 제로를 위한 제조 방식 전환이 예상

❍ (수소) 화석연료의 의존도를 낮추기 위한 친환경 수소 발전이 미래에 각광받을 것이며, 수소의 대량 생산을 통한 수소 경제가 활성화될 것으로 예측

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

➟ 폐기물 기반의 바이오가스를 활용한 친환경 수소 생산 기술개발 등이 예측됨

❍ (신재생에너지) 화석연료를 태양광, 풍력, 지역, 바이오에너지 등의 재생에너지로 대체하기 위한 기술개발이 꾸준히 진행될 것으로 예측

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

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

- 신재생에너지의 효율적 활용을 위한 스마트 에너지 그리드의 등장 등으로 재생에너지 기반의 에너지 체계로의 이동을 예상

- 사물 인터넷 기술을 적용한 스마트 시티 등을 구축하기 위해선 무선전력 전송 인프라 구축은 필수적이며 무선전력 전송 기술은 우주로 확장되어 우주 태양광발전에 사용될 것으로 예측

- 현재, 저궤도 인공위성의 효율적 활용을 위한 궤도 내 무선전력망 개발 및 배터리가 필요 없는 레이저 전원 기술 등을 개발 중에 있으며 이후 우주에서의 태양열 집열로 지구 전력 전송 스테이션을 사용한 태양에너지 배달을 기대 중

❍ (이차전지) 에너지저장 및 친환경차의 수요 증가로 인하여 핵심 부품에 해당하는 이차전지의 수요 또한 증가할 것으로 예상되며, 이차전지를 통한 전기에너지의 친환경 생산은 탄소중립을 위한 핵심 기술개발로 판단됨

- 에너지밀도, 수명연장, 경제성 확보 등의 문제 해결을 위한 기술개발과 더불어 이차전지 산업 시장규모는 '25년 반도체 시장과 비슷해질 것으로 예측됨

  ➟ 차세대 배터리의 효율적 개발을 위한 배터리 소재의 특성 파악 기술 및 인공지능 기반의 모형 구축 등의 개발이 진행될 것으로 예상

❍ (원자력) 안전성을 향상한 중·소형 원자력발전소의 개발 및 다용도 원자력 시스템을 통한 탄소중립 실현과 실용적인 핵융합로의 개발 생산성 향상 기대

- 소형 원자력발전소의 증가로 인해 방사능 오염과 관련한 관심이 증가할 것으로 예상되며, 모니터링 기술의 발전을 통한 관리 체계 구축과 핵폐기물 재활용 기술개발 수요가 증가할 것으로 판단됨

  ➟ 사용 후 핵연료 변화 기술 등의 재순환 기술 및 핵연료의 안전한 활용 기술 등 안전 문제 해결을 위한 원자력 기술개발이 증가할 것으로 판단

  ➟ 원전사고에 대비한 인공지능 오염물질 감시체계와 방사선 관련 질병 예측을 위한 이상징후 감지 웨어러블 기기 등의 생활 속 보안, 인공지능 및 바이오산업 등을 결합한 기술개발이 예상됨

- 혁신형 소형모듈원자력의 다목적 활용으로 대중 및 국가들의 광범위한 수용이 가능할 것으로 예측

  ➟ 핑크 수소 생산, 열 공급, 부하추종 운전 등의 유연한 활용이 가능함에 따라 원전 구축의 증가가 예상되며, 소형 원자력 배터리 기술 및 수소 생산 원자로 기술개발이 활발히 진행될 것으로 예측됨

❑ (기상이변) 빈번해지는 기상이변을 예측·규명하기 위한 기술개발 증가

❍ (이상기후) 지구 온난화의 영향으로 폭염, 한파, 가뭄, 초강력 태풍 등의 이상기후와 평균 기온·해수면 상승 등의 현상으로 동식물의 멸종, 기후 난민 발생 등의 문제가 발생하였고, 이를 예측·해결하기 위한 재난 대응시스템이

발전할 것으로 예측됨

- 자연재해에 대비한 건축 기술개발 및 데이터 기반의 자연재해 인공지능 예측 등을 통해 위급상황 대응을 위한 자율 시스템의 활성화가 예상됨

  ➟ 기후환경 변화에 따른 토지 및 생산량 감소를 해결하기 위한 스마트 농장이 활성화될 것으로 예상되며, 이를 위한 로봇 및 인공지능, 신재생에너지 활용 등의 기술개발이 활발해질 것으로 전망

  ➟ 위성 등의 무인비행체 기반의 실시간 모니터링 기술개발을 위한 우주항공 기술개발과 센싱 기술 개발이 필요할 것으로 예상

- 도시에서의 기후변화 대응을 위한 리질리언스 전략으로 생활밀착형 생태계 복원 등이 이루어질 것으로 전망

마. 정치 : Political

❑ (국가 간의 갈등) 글로벌 밸류체인 재편으로 인한 기술 국산화 및 안보 경쟁 심화 우려

❍ (자국 우선주의) 국내 산업 보호를 위한 자국 중심의 보호무역이 강화되고 있으며, 리쇼어링 정책으로 인한 글로벌 공급망 변화가 심화로 기술 패권 경쟁이 지속될 것으로 예상

- 해외 의존도를 낮추기 위한 기술 국산화가 진행되어 자국 산업 보호를 위한 기술규제 대응이 필요하며, 소·부·장 산업의 강화 및 국산화가 빠르게 진행될 것으로 예상

  ➟ 공급망의 안전성을 강화하기 위해 첨단 소재·제품·장비를 전략 자산으로 활용하는 것이 보편화되고 빅데이터·AI를 활용한 맞춤 소재 개발 기술의 성장과 국가 간 기술개발 경쟁이 심화될 것으로 전망

  ➟ 자국의 산업경쟁력을 강화하기 위한 투자와 리쇼어링 기업을 위한 혜택의 확대가 전망되며, 생산성은 인공지능과 로봇으로 증대될 것으로 예측

- 기술블록화가 진행되면서 국가 간 경제안보 및 사이버 안보의 강화 전망

  ➟ 첨단기술 분야의 경쟁으로 인공지능을 활용한 사이버 공격 및 방어가 중요해지고, 사이버 테러 방지를 위한 알고리즘 기반의 예측 기술개발이 활발해 질 것으로 판단

  ➟ 강대국들의 갈등 심화·지속 등으로 정치, 군사, 무역, 산업, 경제 분야에서도 블록화의 진행이 예상되며 탈세계화 및 재세계화로 글로벌 공급망이 재편되어, 고부가가치 생산과 소부장의 국산화가 필요해질 것

- 글로벌 공급망의 변화는 중앙 집중식 생산 방식에서 분산형 생산 방식으로 전환을 촉구할 것이며, 지역적이고 소비자 지향적인 공급망과 네트워크로의 대체가 예상됨

➟ 3D 프린팅을 통한 제품의 현지 생산의 증가, 기업들의 공유형 열린 공급망 채택이 예상되어 보안 기술 및 국제 표준의 중요성이 커질 것으로 전망

- 양자 컴퓨터는 암호해독이라는 정보 보안 분야에서 위력을 드러내고 있으며, 나노와 디지털화를 넘어서는 양자 정보 기술의 발전을 예상

➟ 대규모 양자 컴퓨터 기술 확보의 중요성이 날로 증가하고 있어 이를 위한 인력 교육 및 양자 산업 분야의 성장을 위한 생태계 구축이 필요

❑ (국가관의 변화) ICT 기술 활용으로 시민들의 참여 확대 및 정부의 역할 변화 기대

❍ (큰정부) 전 세계적인 팬데믹 이후, 정부의 역할과 시장개입의 강화가 예측되며, 정부의 적극적 위기 대응과 안보 강화, 기술 혁신을 위한 투자 등 국가의 역량과 공정성 강화에 기대 증가

- 기존 정부 서비스의 효율성과 효과성 등에서 투명성·책임성·민첩성 등의 다양한 가치에 대한 요구가 증가할 것으로 예측됨

❍ (민주주의) ICT 기술의 발전에 따라 대의민주주의에서 참여민주주의로 민주주의제도에 대한 변화가 일어나고 있으며, 자유주의와 민주주의의 충돌이 쟁점으로 드러날 것으로 예측됨

- ICT 활용을 통한 전자정부, 전자정당 등의 전자민주주의가 생활에 정착하여 시민의 정책참여 기회 및 기능이 강화될 것으로 예상하며 이를 위한 디지털 플랫폼이 발전할 것으로 전망

➟ AI 알고리즘을 이용한 거짓 정보 생산·유포, 정부 기관 등을 위협하는 사이버 테러 등에 대응하기 위한 AI·양자통신 등의 기술 및 보안 ·환경 안전성 확보 기술 연구의 중요성이 강조될 것으로 전망

- 최신 정보기술, 빅데이터 딥러닝 및 데이터 기반의 합리적 판단이 가능한 인공지능 정치인의 등장과 인공지능과 메타버스를 통합 증강 민주주의의 등장 예상

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

3 메가트렌드 시사점

❑ STEEP 분석을 통하여 아젠다 별 미래사회 전망을과 주요 기술 분야를 파악하여 혁신적·변혁적 연구개발 분야 도출 수행

❍ (사회: Social) 전세계적인 저출생·고령화 등의 문제로 인하여 디지털화·자동화가 일상생활에서부터 全 산업 분야로 확대될 것으로 전망

<표 3-4> 사회 부문 분석

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

❍ (기술: Technological) 미개척지로 남아있던 우주, 심해, 극지 개발을 위한 연구 등이 활발히 이루어지며, 바이오산업과 다양한 분야의 산업이 융·복합하여 혁신 성장을 이룰 전망

<표 3-5> 기술 부문 분석

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

❍ (경제: Economic) 비대면 사회 촉진 및 메타버스 산업의 확대로 온라인 경제가 활성화되고 디지털 플랫폼의 가치가 증가할 것으로 예측되어 이를 위한 인공지능 활용 개인 맞춤 서비스 등의 기술개발과 온라인 보안 관련 기술개발이 증가할 전망

<표 3-6> 경제 부문 분석

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

❍ (자연환경: Ecological) 기후변화에 대응하기 위한 국제 규제의 심화로 인해, 신재생에너지 활용 및 에너지 저장을 위한 기술개발과 기후변화 예측을 위한 연구 등 지속 가능한 사회 유지를 위한 기술개발이 이루어질 것으로 전망

<표 3-7> 자연환경 부문 분석

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

❍ (정치 Political) 세계 주요국 및 강대국의 자국 우선주의와 자국 내 산업 보호를 위한 기술블록화의 심화로 글로벌 패권주의가 강화될 것으로 예측하며, 첨단 기술 분야의 성장 전망

<표 3-8> 정치 부문 분석

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

4 미래유망기술 파악

❑ (해외) 미래유망 기술 및 기술 트렌드 분석으로 향후 전략적 지원 분야 도출

❍ (Gartner) 가트너는 향후 3년간 비즈니스 및 기술 관련 전략기술 트렌드를 발표하며 AI의 중요성을 지속적으로 강조

- 2024년 10대 전략기술 트렌드는 ①과거와 미래의 투자 보호 및 유지, ②적시에 적정 이해관계자를 위한 최적의 솔루션 구축, ③변화하는 환경에서 내, 외부 고객 모두를 위한 가치 전달 등의 테마와 연관

<표 3-9> 가트너 선정 2024년 주목하는 10대 전략기술 트렌드

범주	기술 트렌드	주요 내용
투자 보호	• AI 신뢰도 · 리스크 보안 관리	• AI TRiSM 제어 기능을 적용하는 조직이 오류 및 불법 정보를 최대 80%까지 줄여 의사결정의 정확성을 높일 것이라고 예측
	• 상시 위협 노출 관리	• CTEM 프로그램을 기반으로 보안 투자에 우선순위를 두는 조직이 침해사고를 3분의 2 줄일 수 있을 것으로 예측
	• 산업 클라우드 플랫폼	• `23년 15% 미만이었던 산업 클라우드 플랫폼(ICP) 사용률이 `27년에는 70% 이상으로 증가하며 많은 조직들이 ICP를 활용해 비즈니스 이니셔티브를 가속화할 전망
기술 개발자들의 부상	• 플랫폼 엔지니어링	• 플랫폼 엔지니어링의 최종 목표로 생산성과 사용자 경험(DX)을 최적화하고 비즈니스 가치 전달을 가속화하는 것이라고 언급
	• AI 증강 개발	• AI 적용 개발 도구는 SW 엔지니어의 코드 작성 시간을 줄여 엔지니어들이 경쟁력 있는 비즈니스 애플리케이션의 설계 및 구성과 같이 보다 전략적인 활동에 더 많은 시간 할애 가능
	• 지속가능한 기술	• 25%의 CIO들이 각자 활용하는 지속 가능한 기술의 영향력에 따라 개인적인 보상을 얻게 될 것으로 예측
	• 생선 AI 민주화	• `26년 80% 이상의 기업이 생성형 AI 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API) 및 모델을 사용하거나 프로덕션 환경에 생성형 AI 지원 애플리케이션을 배포할 것으로 예측
가치 전달	• 지능형 애플리케이션	• 업무를 더욱 효과적으로 보강하거나 자동화하기 위해 활용
	• 증강 연결 인력	• `27년까지 CIO의 25%가 증강 연결된 인력 이니셔티브를 활용해 핵심 역할의 역량 확보 시간을 50% 단축할 것이라고 예측
	• 머신 고객	• `28년까지 150억 개의 커넥티드 제품이 고객 역할을 할 수 있는 잠재력을 갖게 될 것이며, 그 이후로도 몇 년간 수십억 개의 제품이 더 등장할 것이라 예

❍ (MIT 테크놀로지 리뷰) 실질적 파급효과를 미칠 수 있는 '24년 10대 혁신기술을 발표

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

<표 3-10> MIT 테크놀로지 리뷰 선정 2024년 10대 혁신 기술

10대 혁신 기술	주요 내용
모든 것을 위한 AI	• 지시어를 기반으로 텍스트, 이미지, 동영상 등을 생성하는 챗GPT 등 생성AI가 빠른 속도로 확산하면서 산업계 전체의 방향이 재편
초고효율 태양전지	• 기존 실리콘과 최첨단 페로브스카이트(빛을 투과시키면서 전기로 바꿀 수 있는 특성을 가진 소재)를 결합한 태양전지를 활용하면 태양전지 패널 효율을 새로운 차원으로 높인 것으로 전망
애플 비전 프로	• 마이크로 유기발광다이오드(OLED) 기술은 개발이 이루어진 지 10년만에 애플 비전 프로를 통해 주목받을 전망
체중 감량 약물	• 식욕을 억제하는 방식으로 체중감량에 도움을 주는 약물
심부지열발전 시스템	• 탄소를 배출하지 않는 풍부한 에너지원인 지열(geothermal)을 이용
칩렛	• 반도체 제조업체들은 더 작은 트랜지스터를 개발하여 칩에 더 많이 집적하는 방식은 한계에 도달했다고 판단, 특정 기능을 위해 설계되어 서로 연결하여 시스템을 구축하는 더 작고 모듈화된 칩렛을 개발
최초의 유전자 편집 치료제	• 유전자 편집 도구인 '크리스퍼(CRISPR)'를 기반으로 한 새로운 치료법 등장
엑사급 컴퓨터	• 초당 100경 회 이상(엑사플롭)의 부동 소수점 연산을 수행, 이는 최신노트북 10만 대에 맞먹는 연산 능력
히트펌프	• 난방시스템을 재생에너지를 활용하는 전기 히트펌프로 전환 시, 탄소 배출량을 크게 줄이는 데 도움이 될 것이란 전망
트위터 킬러	• X(트위터)를 떠나 탈중앙화 소셜미디어로 이동하면서 새로운 SNS로 부상

❍ (세계경제포럼) ‘23년 7월, WEF는 향후 5년 이내 세계에 큰 영향을 미칠 10대 미래 기술을 선정하여 발표하였으며, 2024 세계경제포럼에서는 지속가능한 공급망, 에너지 전환, 인공지능 등 3가지 분야에 초점을 맞춘 패러다임 전환 고려를 제기

- 10대 미래 기술로 선정된 기술은 기후·자연 위기 대응, 인공지능, 건강 분야 신기술, 공학 기술 분야로 구분

<표 3-11> WEF 선정 2023년 10대 미래유망기술

10대 유망기술	관련 기술
플렉시블(연성) 배터리	• 헬스케어 및 전자융합섬유 구동 기술
생성형 인공지능	• 인간 노력의 지평 확대 • 텍스트, 컴퓨터 프로그래밍, 이미지 및 사운드 생성에 초점이 맞추어져 있지만, 향후 약물 설계, 건축 및 엔지니어링을 포함한 다양한 목적에 활용
지속가능 항공연료	• 전 세계 이산화탄소 배출량의 2~3%를 차지하는 항공의 배출량을 감소시키기 위해 바이오 에너지, 바이오매스 등을 활용한 항공 연료로 탄소 배출 제로 실현
맞춤형 바이러스 (디자인 파지)	• 파지는 마이크로바이옴(인체 내 미생물 생태계) 관련 질병 치료와 인간, 동물, 식물 건강을 위한 마이크로바이옴 조작의 혁신화 가능성
정신 건강을 위한 메타버스	• 정신 건강 개선을 위한 가상 공간 공유
웨어러블 식물 센터	• 농업 데이터 수립의 혁신화 • 식물에 디바이스를 부착해 온도와 습도, 영양 상태 등을 지속적으로 모니터링 하여 궁극적으로 식물 수확량을 증가
공간 오믹스	• 조직 내 세포 및 소세포 수준에서 분자 정보를 식별하고 분석하는 최첨단 기술 • 생명의 미스테리를 풀기 위해 생물학적 과정을 분자 수준으로 지도화하는 것
플렉시블(연성) 신경 전자 기술	• (인간) 신경계와 소통할 수 있도록 제작된 회로이고, 지속 가능 컴퓨팅은 넷 제로 에너지(배출한 이산화탄소를 다시 흡수해 실질 배출량을 0으로 만드는 것) 데이터 센터 설계 및 실행을 위한 것
지속 가능 컴퓨팅	• 데이터 서비스에 대한 수요가 급증함에 따라 넷제로 에너지 데이터센터에 대한 필요성 • 액체 냉각 시스템 개발, AI 활용 에너지 사용 최적화, 인프라의 모듈화를 통한 분산화 등을 추진
AI 헬스케어 서비스	• 전염병 모니터링, 의료진 의사 결정 보조, 개인 맞춤형 치료, 의료 서비스 효율성 향상 등 의료 시스템을 지원하는 AI 기술

❑ (국내) 미래유망 기술 및 기술 트렌드 분석

❍ (KISTEP) 미래이슈에 대응하기 위한 유망기술 선정

- 환경변화 속에서 지속적이고 주도적인 성장을 위해 미래사회 변화를 예측하고 과학기술 자체의 발전을 견인하는 독자적인 혁신 기술 선점·확보를 위한 미래 방향성 제시

<표 3-12> KISTEP 선정 10대 미래유망기술

2024년 생성형 인공지능 시대	2023년 데이터 보안 및 보호	2022년 탈탄소화
거대언어모델 기반 텍스트 생성형 인공지능 기술	자율 무인 이동체 활용을 위한 인프라 통합 보안 기술	이산화탄소 포집 및 전환 기술
자율 이미지 및 영상 생성형 인공지능 기술	인공지능 기반 지능형 사이버 보안 관제 및 자동대응 기술	바이오 기반 원료·제품 생산 기술
신경망처리 기반 인공지능 전용칩	5G/6G 네트워크 보안 기술	탄소저감형 고로-전로 공정기술
지능형 개인 맞춤 서비스 인공지능 기술	제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화 기술	고용량·장수명 이차전지 기술
감성내재 음성 생성형 인공지능 기술	프라이버시 강화 데이터 안전 활용을 위한 동형암호 등 기능형 암호 및 응용기술	청정수소 생산 기술
클라우드 기반 머신러닝 플랫폼 기술	메타버스 등 가상환경에서의 사용자 보호 및 보안 기술	암모니아 발전 기술
코딩 보조용 생성형 언어 모델 기술	양자시대의 절대적 데이터보안을 위한 양자암호기술	전력망 계통 연계 시스템
멀티모달 통합 인식 및 생성 인공지능 기술	디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적기술	고효율 태양전지 기술
인공지능 신뢰성 및 안전성 제고 기술	안전한 가상화 환경 활용을 위한 클라우드·엣지 보안 기술	초대형 해상풍력 시스템
인공지능 오픈 마켓플레이스 플랫폼 기술	안전한 디지털 경제 활용을 위한 암호화폐 신뢰성 보장 기술	유용자원(희토류) 회수 기술

- '24년 1월, KISTEP은 2024년 10대 과학기술정책 아젠다를 발표하며, ①기술패권 시대의 과학기술 주권 확보, ②임무지향 및 선도형 국가 R&D 시스템 혁신, ③민간 및 지역 주도 혁신생태계 강화 등의 정책영역으로 분류

<표 3-13> KISTEP 10대 과학기술정책 아젠다

10대 유망기술	관련 기술
기술패권 시대의 과학기술 주권 확보	• 과학기술 선도를 위한 글로벌 R&D 협력 활성화 • 기술주권 강화를 위한 국가전략기술 육성 정책 수립·이행 • 전략기술 분야 핵심인재 양성·활용체계 강화 • 국가전략기술 테크 인텔리전스 역량 제고
임무지향 및 선도형 국가 R&D 시스템 혁신	• 임무지향 R&D 예산 배분·조정 및 평가 연계 강화 • 혁신·도전형 R&D 활성화를 위한 제도 및 인프라 혁신 • 국민 행복·안심 사회 실현을 위한 국가적 당면과제 R&D 확대
민간 및 지역 주도 혁신 생태계 강화	• AI 기반 디지털 전환을 위한 혁신 생태계 구축 • 민간 주도 혁신 촉진을 위한 R&D 지원체계 마련 • 지역소멸 위기 극복을 위한 지역 주도 과학기술혁신 기반 강화

❍ (KISTI) 미래 신시장·신산업 창출을 위한 유망기술 선정

- '23년 10월, KISTI는 ①모두 연결된 스마트 세계의 점진적 확장, ②과학기술의 영향이 인간의 영역으로 확장, ③가속은 가장 근본적인 혁신에서 출발, ④점점 빠르게 진화하는 기술과 인간-환경 사이의 균형 등의 4가지 분야에서의 혁신 기술을 발표

<표 3-14> KISTI 선정 10대 미래유망기술

2023년 특이점 시대	2022년 복합위기	2021년
올-커넥티드 스마트 모빌리티 기술	AI 결합 무선 통신	딥러닝
스마트-공간을 위한 차세대 통신 기술	무인항공 네트워크	기생컴퓨팅
안전한 IoT를 위한 보안 기술	물리학과 AI 결합	플랫폼기반 커뮤니티
인간을 보완하는 소프트로봇 기술	인공지능 보안기술	에너지 클라우드
미래 진단치료를 위한 엑소좀과 논코딩 RNA 활용 기술	양자 기반 컴퓨팅/네트워킹	애자일/래자일매뉴팩처링
인공지능 반도체의 핵심, 뉴로모픽 소자 기술	헬스케어 디지털 혁신	새로운 탄소물질
시공간 대칭성 활용 미래 양자시스템 제어-설계 기술	디지털 혁신 소재	인류과 지구의 공생
꿈의 2D 신소재 보로핀과 그래핀의 새로운 활용 기술	사용자 맞춤 자율주행	온오프 정신건강
순환경제를 위한 배터리 업사이클링 기술	디지털 트윈 도시	DNA에서 RNA로 확대
그린수소와 신재생에너지 하이브리드 시스템 기술	비즈니스 프로세스 디지털 혁신	위드코로나

❑ (시사점) 국내외 선정 미래유망기술은 인공지능을 포함한 IT 및 지속가능사회 실현을 위한 융합기술이 대부분

❍ 해외 주요국과 우리나라 모두 산업과 기술의 패러다임을 변화시킬 수 있는 기술의 중요성을 인식하고 있으며 글로벌 선도를 위한 혁신 기술개발에 박차를 가하는 중

- 미래유망기술로 선정된 기술들은 인공지능 및 ICT 관련 기술이 대다수로 선정에 유사함이 있음에 따라, 기술 확보를 통한 기술 주도권 선점이 중요

5 시사점 및 연구 분야 도출

❑ 메가트렌드 및 미래유망기술 조사·분석에 의하면, 기술변화는 급속도로 이루어지고 있으며 글로벌 주요국들은 미래유망기술 및 선도기술 선점을 위한 연구개발을 수행 중

❍ 글로벌 패권 경쟁 심화, 급격한 대내외 환경변화 등으로 기존 패스트팔로어 전략으로는 국가와 과학기술의 혁신적인 성장을 기대하기 어려운 상황

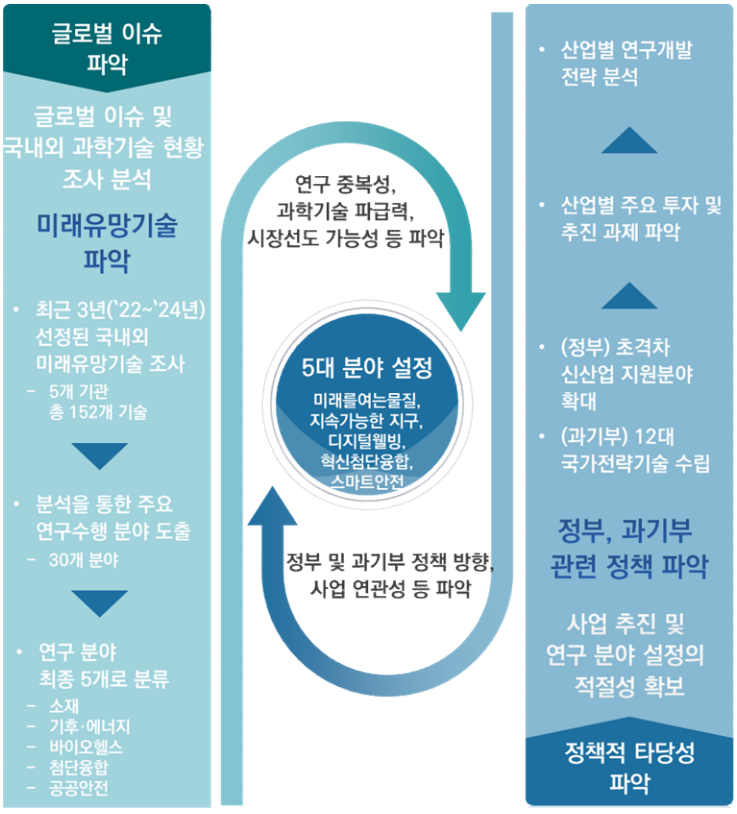
- 국가 기술경쟁력 제고, 지속가능한 과학기술 생태계 구축을 위해선 선도자로의 도약을 위한 체계적인 지원과 글로벌 네트워크 조성을 통한 국내외 협력과 다양한 분야와의 융·복합 연구개발 활동이 필요

- 미래사회 예측을 통한 파급력 높은 과학기술을 위한 전략적 지원 및 R&D 필요

❍ 혁신 기술 선점 및 확보를 위해선 전략적인 기술 분야 선정 및 해결해야 할 임무를 설정하여 파급력 높은 과학기술을 위한 연구개발 및 지원 수행 필요

❑ 주요 학술지의 미래유망기술과 학문 중점지원분야를 도출·그룹화하여 5대 연구분야 도출·설정

❍ (분야 선정 프로세스) 동 사업은 국내외 주요 기관 선정 미래유망기술, 대내외 과학기술 현황, 글로벌 이슈 등을 조사·분석으로 글로벌 기술 패권 경쟁 우위를 위해 선점이 필요한 연구 분야를 도출



- (MIT 테크놀로지 리뷰) 첨단 산업 분야(IT・BT・NT・ET) 중 현재 또는 단기간 적용 가능하거나 5~10년 후 혁신을 창출하며 산업과 사회 전반에 큰 변화를 초래할 기술로 전망

<표 3-15> MIT 테크놀로지 리뷰 선정 10대 혁신 기술

2024년	2023년	2022년
모든 것을 위한 AI	제임스웹 우주망원경	경구용 코로나19 치료제
초고효율 태양전지	콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR 기술	실용적인 핵융합로
애플 비전 프로	이미지를 생성하는 AI	비밀번호의 종말
체중 감량 약물	주문형 장기이식	단백질 접힘 예측용 AI
심부지열발전 시스템	원격진료를 통한 임신중절	지분증명
칩렛	개방형 표준의 반도체 칩 설계	오래 지속되는 전력망용 배터리
최초의 유전자 편집 치료제	고대 유전자의 분석	인공지능을 위한 합성 데이터
엑사급 컴퓨터	배터리 재활용	말라리아 백신
히트펌프	자동차 산업의 주류가 된 전기차	탄소 제거 공장
트위터 킬러	군사용 드론의 대중화	코로나 변이 추적

▼

분류	혁신기술(중복 포함)
탄소중립	• 실용적인 핵융합로 • 탄소 제거 공장
신재생에너지	• 히트펌프 • 심부지열발전 시스템 • 초고효율 태양전지
배터리	• 배터리 재활용 • 오래 지속되는 전력망용 배터리
핵	• 실용적인 핵융합로
이차전지	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차
재활용	• 배터리 재활용
사이버보안	• 트위터 킬러 • 비밀번호의 종말 • 지분증명 • 인공지능을 위한 합성 데이터
디스플레이	• 애플 비전 프로
AI	• 모든 것을 위한 AI • 이미지를 생성하는 AI • 단백질 접힘 예측용 AI
반도체	• 칩렛 • 개방형 표준의 반도체 칩 설계
우주	• 제임스웹 우주망원경
컴퓨팅	• 엑사급 컴퓨터
모빌리티	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차 • 군사용 드론의 대중화
유전자	• 최초의 유전자 편집 치료제 • 체중 감량 약물 • 주문형 장기이식 • 고대 유전자의 분석 • 단백질 접힘 예측용 AI
의료(기기)	• 코로나 변이 추적 • 원격진료를 통한 임신중절 • 말라리아 백신 • 경구용 코로나19 치료제 • 콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR 기술

- (Gartner) 향후 3년간 비즈니스 및 기술 관련 전략기술 트렌드를 발표

<표 3-16> 가트너 선정 10대 혁신 기술

2024년	2023년	2022년
AI 신뢰도·리스크 보안 관리	디지털 면역 시스템	데이터 패브릭
상시 위협 노출 관리	관찰 가능성 응용	사이버보안 메시
산업 클라우드 플랫폼	AI 신뢰, 리스크 및 보안 관리	개인정보 보호 강화 컴퓨팅
플랫폼 엔지니어링	산업 클라우드 플랫폼	클라우드 네이티브 플랫폼
AI 증강 개발	플랫폼 엔지니어링	초자동화
지속가능한 기술	무선의 가치 실현	의사결정 인텔리전스
생선 AI 민주화	슈퍼앱	조합형 애플리케이션
지능형 애플리케이션	적응형 AI	인공지능 엔지니어링
증강 연결 인력	메타버스	총체적 경험
머신 고객	지속가능한 기술	자율자동화 시스템
		분산형 기업
		창조적 인공지능

▼

분류	혁신기술(중복 포함)
자동화	• 지속가능한 기술 • 머신 고객 • 무선의 가치 실현
	• 초자동화 • 총체적 경험 • 자율자동화 시스템
증강현실	• 증강 연결 인력
메타버스	• 메타버스
AI	• AI 증강 개발 • 적응형 AI • 의사결정 인텔리전스 • 인공지능 엔지니어링 • 창조적 인공지능 •
애플리케이션	• 산업 클라우드 플랫폼 • 지능형 애플리케이션 • 플랫폼 엔지니어링 • 슈퍼앱 • 데이터 패브릭 • 클라우드 네이티브 플랫폼 • 조합형 애플리케이션
사이버보안	• AI 신뢰도·리스크 보안 관리 • 사이버보안 메시 • 생선 AI 민주화 • 디지털 면역 시스템 • 관찰 가능성 응용 • 개인정보 보호 강화 컴퓨팅
생활	• 분산형 기업

- (세계경제포럼) 향후 5년 이내 세계에 큰 영향을 미칠 10대 미래 기술을 선정

<표 3-17> 세계경제포럼 선정 10대 혁신 기술

2024년	2023년	2021년
과학적 발견을 위한 AI	플렉시블(연성) 배터리	탈산소 기술
프라이버시 강화기술	생성형 인공지능	비료 자가공급 작물
재구성 가능한 지능형 표면	지속가능 항공연료	질병진단 호흡센서
고고도 플랫폼 통신시스템	맞춤형 바이러스 (디자인 파지)	주문형 의약품 제조
통합 감지 및 기술	정신 건강을 위한 메타버스	무선신호 생산 에너지
건설을 위한 몰입형 기술	웨어러블 식물 센터	건강 장수 공학
새로운 냉각기술 탄성열량	공간 오믹스	그린 암모니아 기술
탄소 포집 미생물	플렉시블(연성) 신경 전자 기술	무선 바이오마커 장치
대체 가축 사료	지속 가능 컴퓨팅	현지 재료 제작된 3D 주택
이식을 위한 유전자연구	AI 헬스케어 서비스	우주 사물인터넷(IoT)

▼

분류	혁신기술(중복 포함)
AI	• 과학적 발견을 위한 AI • 생성형 인공지능 • AI 헬스케어 서비스
건축제조	• 건설을 위한 몰입형 기술 • 현지 재료 제작된 3D 주택
우주항공	• 고고도 플랫폼 통신시스템 • 우주 사물인터넷(IoT)
스마트팜	• 웨어러블 식물 센터 • 비료 자가공급 작물
에너지	• 그린 암모니아 기술 • 지속가능 항공연료 • 무선신호 생산 에너지
배터리	• 플렉시블(연성) 배터리
기후	• 새로운 냉각기술 탄성열량 • 탈산소 기술
농축수산	• 탄소 포집 미생물 • 대체 가축 사료
헬스케어	• 질병진단 호흡센서 • 무선 바이오마커 장치 • 건강 장수 공학
의료(기기)	• 주문형 의약품 제조 •
유전자	• 이식을 위한 유전자연구 • 공간 오믹스 • 플렉시블(연성) 신경 전자 기술 • 맞춤형 바이러스
메타버스	• 정신 건강을 위한 메타버스
컴퓨팅	• 재구성 가능한 지능형 표면 • 통합 감지 및 기술 • 지속 가능 컴퓨팅
사이버보안	• 프라이버시 강화기술

- (KISTEP) 미래이슈에 대응하기 위한 유망기술 선정

<표 3-18> KISTEP 선정 10대 미래유망기술

2024년 생성형 인공지능 시대	2023년 데이터 보안 및 보호	2022년 탈탄소화
거대언어모델 기반 텍스트 생성형 인공지능 기술	자율 무인 이동체 활용을 위한 인프라 통합 보안 기술	이산화탄소 포집 및 전환 기술
자율 이미지 및 영상 생성형 인공지능 기술	인공지능 기반 지능형 사이버 보안 관제 및 자동대응 기술	바이오 기반 원료·제품 생산 기술
신경망처리 기반 인공지능 전용칩	5G/6G 네트워크 보안 기술	탄소저감형 고로-전로 공정기술
지능형 개인 맞춤 서비스 인공지능 기술	제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화 기술	고용량·장수명 이차전지 기술
감성내재 음성 생성형 인공지능 기술	프라이버시 강화 데이터 안전 활용을 위한 동형암호 등 기능형 암호 및 응용기술	청정수소 생산 기술
클라우드 기반 머신러닝 플랫폼 기술	메타버스 등 가상환경에서의 사용자 보호 및 보안 기술	암모니아 발전 기술
코딩 보조용 생성형 언어 모델 기술	양자시대의 절대적 데이터 보안을 위한 양자 암호기술	전력망 계통 연계 시스템
멀티모달 통합 인식 및 생성 인공지능 기술	디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적기술	고효율 태양전지 기술
인공지능 신뢰성 및 안전성 제고 기술	안전한 가상화 환경 활용을 위한 클라우드·엣지 보안 기술	초대형 해상풍력 시스템
인공지능 오픈 마켓플레이스 플랫폼 기술	안전한 디지털 경제 활용을 위한 암호화폐 신뢰성 보장 기술	유용자원(희토류) 회수 기술

▼

분류	혁신기술(중복 포함)
AI	• 텍스트 생성형 AI • 이미지 및 영상 생성형 AI • AI 오픈 마켓플레이스 • 신경망처리 기반 AI 전용 칩 • 개인 맞춤 서비스 AI • 음성 생성형 AI • 머신러닝 플랫폼 • 코딩 보조용 생성형 언어 모델 • AI 신뢰성 및 안전성
5G/6G	• 5G/6G 네트워크 보안 • •
양자	• 양자 암호기술 • •
사이버보안	• 인프라 통합 보안 기술 • 사이버 보안 관제 및 자동대응 • 메타버스 등 가상환경에서의 사용자 보호 • 동형암호 등 기능형 암호 및 응용 • 라우드·엣지 보안 기술 • 사이버범죄 예방 및 추적 • 암호화폐 신뢰성 보장 기술
자동화	• 제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화
바이오	• 바이오 기반 원료·제품 생산
신재생에너지	• 고효율 태양전지 • 초대형 해상풍력 • 전력망 계통 연계
이차전지	• 고용량·장수명 이차전지
재활용	• 유용자원(희토류) 회수
탄소중립	• 이산화탄소 포집 및 전환 • 탄소저감형 고로-전로
수소	• 청정수소 생산
에너지	• 암모니아 발전

- (KISTI) 미래 신시장·신산업 창출을 위한 유망기술 선정

<표 3-19> KISTI 선정 10대 미래유망기술

2023년 특이점 시대	2022년 복합위기	2021년
올-커넥티드 스마트 모빌리티 기술	AI 결합 무선 통신	딥러닝
스마트-공간을 위한 차세대 통신 기술	무인항공 네트워크	기생컴퓨팅
안전한 IoT를 위한 보안 기술	물리학과 AI 결합	플랫폼기반 커뮤니티
인간을 보완하는 소프트로봇 기술	인공지능 보안기술	에너지 클라우드
미래 진단치료를 위한 엑소좀과 논코딩 RNA 활용 기술	양자 기반 컴퓨팅/네트워킹	애자일/래자일매뉴팩처링
인공지능 반도체의 핵심, 뉴로모픽 소자 기술	헬스케어 디지털 혁신	새로운 탄소물질
시공간 대칭성 활용 미래 양자시스템 제어-설계 기술	디지털 혁신 소재	인류와 지구의 공생
꿈의 2D 신소재 보로핀과 그래핀의 새로운 활용 기술	사용자 맞춤 자율주행	온오프 정신건강
순환경제를 위한 배터리 업사이클링 기술	디지털 트윈 도시	DNA에서 RNA로 확대
그린수소와 신재생에너지 하이브리드 시스템 기술	비즈니스 프로세스 디지털 혁신	위드코로나

▼

분류	혁신기술(중복 포함)
모빌리티	• 스마트 모빌리티 • 사용자 맞춤 자율주행
통신	• 스마트-공간을 위한 차세대 통신 • AI 결합 무선 통신 • 플랫폼기반 커뮤니티
양자	• 양자시스템 제어-설계 기술 • 양자 기반 컴퓨팅/네트워킹
우주항공	• 무인항공 네트워크 • 인류와 지구의 공생
에너지	• 에너지 클라우드
배터리	• 배터리 업사이클링
신재생에너지	• 하이브리드 시스템 기술
반도체소자	• 뉴로모픽 소자 기술
신소재	• 그래핀의 새로운 활용 기술 • 새로운 탄소물질
헬스케어	• 헬스케어 디지털 혁신 • 온오프 정신건강
유전자	• 논코딩 RNA • DNA에서 RNA로 확대
사이버보안	• IoT를 위한 보안 • 인공지능 보안
디지털트윈	• 디지털 트윈 도시 • 애자일/래자일매뉴팩처링 • 디지털 혁신
생활	• 비즈니스 프로세스 • 물리학과 AI

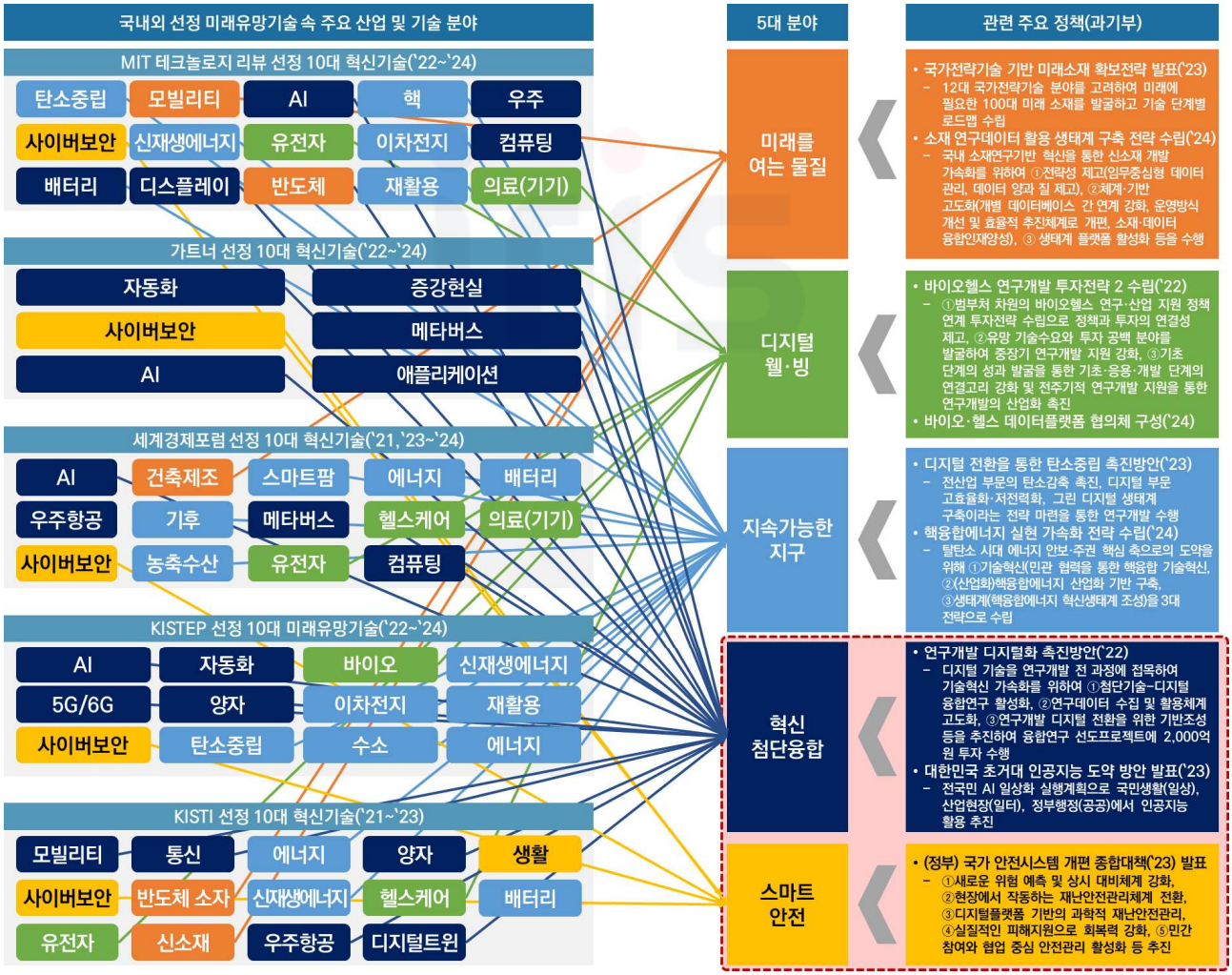
❍ 미래유망기술을 대, 중, 소로 분류하여 구분 수행

대분류	중분류	소분류
미래를 여는 물질	모빌리티 (2)	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차(MIT) • 군사용 드론의 대중화(MIT)
	건축 (2)	• 건설을 위한 몰입형 기술(WEF) • 현지 재료 제작된 3D 주택(WEF)
	반도체 (1)	• 뉴로모픽 소자 기술(KISTI)
	신소재 (1)	• 그래핀의 새로운 활용 기술(KISTI) • 새로운 탄소물질(KISTI)
지속 가능한 지구	탄소중립 (4)	• 실용적인 핵융합로(MIT) • 탄소 제거 공장(MIT) • 이산화탄소 포집 및 전환(KISTEP) • 탄소저감형 고로-전로(KISTEP)
	신재생에너지 (7)	• 히트펌프(MIT) • 심부지열발전 시스템(MIT) • 초고효율 태양전지(MIT) • 고효율 태양전지(KISTEP) • 초대형 해상풍력(KISTEP) • 전력망 계통 연계(KISTEP) • 하이브리드 시스템 기술
	에너지 (4)	• 그린 암모니아 기술(WEF) • 지속가능 항공연료(WEF) • 무선신호 생산 에너지(WEF) • 암모니아 발전(KISTEP)
	배터리 (4)	• 배터리 재활용(MIT) • 오래 지속되는 전력망용 배터리(MIT) • 플렉시블(연성) 배터리(WEF) • 배터리 업사이클링
	이차전지 (2)	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차(MIT) • 고용량 · 장수명 이차전지(KISTEP)
	핵 (1)	• 실용적인 핵융합로(MIT)
	재활용 (1)	• 유용자원(희토류) 회수(KISTEP)
	기후 (2)	• 새로운 냉각기술 탄성열량(WEF) • 탈산소 기술(WEF)
	스마트팜 (2)	• 웨어러블 식물 센터(WEF) • 비료 자가공급 작물(WEF)
	농축수산 (2)	• 탄소 포집 미생물(WEF) • 대체 가축 사료(WEF)
	수소 (1)	• 청정수소 생산(KISTEP)
디지털 웰 · 빙	유전자	• 최초의 유전자 편집 치료제(MIT) • 체중 감량 약물(MIT) • 주문형 장기이식(MIT) • 고대 유전자의 분석(MIT) • 단백질 접힘 예측용 AI(MIT) • 이식을 위한 유전자연구(WEF) • 공간 오믹스(WEF) • 플렉시블(연성) 신경 전자기술(WEF) • 맞춤형 바이러스(WEF) • 논코딩 RNA(KISTI) • DNA에서 RNA로 확대(KISTI)
	의료(기기)	• 코로나 변이 추적(MIT) • 원격진료를 통한 임신중절(MIT) • 말라리아 백신(MIT) • 경구용 코로나19 치료제(MIT) • 콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR 기술(MIT) • 주문형 의약품 제조 (WEF)
	헬스케어	• 질병진단 호흡센서(WEF) • 무선 바이오마커 장치(WEF) • 건강 장수 공학(WEF) • 헬스케어 디지털 혁신(KISTI) • 온오프 정신건강(KISTI)

대분류	중분류	소분류	
	바이오	• 바이오 기반 원료 · 제품 생산(KISTEP)	
스마트 안전	사이버보안 (14)	• 트위터 킬러(MIT) • 비밀번호의 종말(MIT) • 지분증명(MIT) • 인공지능을 위한 합성 데이터(MIT) • 프라이버시 강화기술(KISTEP) • 인프라 통합 보안 기술(KISTEP) • 사이버보안문제 및 자동대응(KISTEP)	• 가상환경에서의 사용자 보호(KISTEP) • 동형암호 등 기능형 암호 및 응용(KISTEP) • 라우드·엣지 보안 기술(KISTEP) • 사이버범죄 예방 및 추적(KISTEP) • 암호화폐 신뢰성 보장 기술(KISTEP) • IoT를 위한 보안(KISTI) • 인공지능 보안(KISTI)
	생활 (3)	• 비즈니스 프로세스(KISTI) • 물리학과 AI(KISTI)	• 분산형 기업(Gartner)
혁신 첨단융합	AI (26)	• 모든 것을 위한 AI(MIT) • 단백질 접힘 예측용 AI(MIT). • 이미지를 생성하는 AI(MIT) • AI 증강 개발(Gartner) • 적응형 AI(Gartner) • 의사결정 인텔리전스(Gartner) • AI 엔지니어링(Gartner) • 창조적 AI(Gartner) • AI 신뢰도·리스크 보안 관리(Gartner) • 사이버보안 메시(Gartner) • 생선 AI 민주화(Gartner) • 디지털 면역 시스템(Gartner) • 관찰 가능성 응용(Gartner)	• 개인정보 보호 강화 컴퓨팅(Gartner) • 과학적 발견을 위한 AI(WEF) • 생성형 인공지능(WEF) • AI 헬스케어 서비스(WEF) • 텍스트 생성형 AI(KISTEP) • 이미지 및 영상 생성형 AI(KISTEP) • AI 오픈 마켓플레이스(KISTEP) • 신경망처리 기반 AI 전용 칩(KISTEP) • 개인 맞춤 서비스 AI(KISTEP) • 음성 생성형 AI(KISTEP) • 머신러닝 플랫폼(KISTEP) • 코딩 보조용 생성형 언어 모델(KISTEP) • AI 신뢰성 및 안전성(KISTEP)
	우주항공 (4)	• 제임스웹 우주망원경(MIT) • 고고도 플랫폼 통신시스템(WEF)	• 우주 사물인터넷(IoT)(WEF) • 무인항공 네트워크
	컴퓨팅 (4)	• 엑사급 컴퓨터(MIT) • 재구성 가능한 지능형 표면(WEF)	• 통합 감지 및 기술(WEF) • 지속 가능 컴퓨팅(WEF)
	반도체 · 디스플레이 (3)	• 애플 비전 프로(MIT) • 칩렛(MIT) • 개방형 표준의 반도체 칩 설계(MIT)	
	자동화 (7)	• 지속가능한 기술(Gartner) • 머신 고객(Gartner) • 초자동화(Gartner) • 제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화(KISTEP)	• 총체적 경험(Gartner) • 자율자동화 시스템(Gartner) • 무선의 가치 실현(Gartner)
	5G/6G (1)	• 5G/6G 네트워크 보안(KISTEP)	
	양자 (3)	• 양자 암호기술(KISTEP) • 양자시스템 제어-설계 기술(KISTI) • 양자 기반 컴퓨팅/네트워킹(KISTI)	
	증강현실 (1)	• 증강 연결 인력(Gartner)	
	메타버스 (1)	• 메타버스(Gartner)	
	애플리케이션 (6)	• 지능형 애플리케이션(Gartner) • 플랫폼 엔지니어링(Gartner) • 슈퍼앱(Gartner) • 데이터 패브릭(Gartner) • 클라우드 네이티브 플랫폼(Gartner) • 조합형 애플리케이션(Gartner)	

대분류	중분류	소분류
	모빌리티 (4)	• 자동차 산업의 주류가 된 전기차(MIT) • 군사용 드론의 대중화(MIT) • 스마트 모빌리티(KISTI) • 사용자 맞춤 자율주행(KISTI)
	디지털트윈 (3)	• 디지털 트윈 도시(KISTI) • 애자일/래자일매뉴팩처링(KISTI) • 디지털 혁신(KISTI)
	통신 (3)	• 스마트-공간을 위한 차세대 통신(KISTI) • AI 결합 무선 통신(KISTI) • 플랫폼기반 커뮤니티(KISTI)

❍ 혁신 기술 선점 및 확보를 위해선 전략적인 기술 분야 선정 및 해결해야 할 임무를 설정하여 파급력 높은 과학기술을 위한 연구개발 및 지원 수행이 필요함에 따라 동 사업에서 연구가 필요한 분야 5개를 연구 테마로 선정하여 세부 추진 주제 및 과제 선정이 필요



2절. 국내외 과학기술 투자 및 정책 동향

1 해외 주요국 투자 및 정책 동향

가. 미국

❑ (투자 방향) ‘24년 과학, 기술, 혁신 분야 R&D에 역대 최대 규모인 약 2,100억 달러의 예산을 배정하며 혁신 촉진

❍ 자국 산업 우위 유지를 위한 과학 혁신과 제조, 탄소중립 등의 청정 에너지 목표 달성을 위한 다양한 사업에 ‘23년 대비 증가한 예산 투자 수행

- 혁신을 촉진하기 위한 새로운 연방 R&D 기관인 국립과학재단(NSF) 내 기술, 혁신 및 파트너십 부서에 12억 달러, 미래 국방 역량 개발을 위한 방위고등연구계획국(DARPA)에 44억 달러, 의료고등연구계획국(ARPA-H)에 25억 달러를 투자하며 과학기술계 혁신을 위한 금융 지원 확대

❍ 現 바이든 정부는 글로벌 기술경쟁에서의 우위 선점을 위한 도전과제 해결을 목표로 기초과학 투자를 통한 과학기술 혁신 등에 투자 집중

- 「반도체 및 과학법」은 반도체 산업의 자국 제조 역량 강화 및 첨단기술의 발전 촉진을 목표로 제정(‘22.8.)하였으며 미래산업에서의 경쟁 우위 확보를 위해 50억 달러 이상 투자 계획을 발표(‘24.2.)

  ➟ 국립과학재단(NSF), 에너지부(DOE), 국가표준기술연구소(NIST) 등 연방 과학 기관의 예산을 확대하고 핵심·신흥 기술분야 육성, 지역혁신, STEM 교육 등 국가경쟁력 강화를 위한 다양한 활동 지원 추진

❍ 백악관은 현 정부의 투자 현황(‘23.6.) 및 ‘25년도 회계연도 R&D 우선순위 고시를 통해 연방 과학 기관의 예산 요구 사항을 고시(‘23.8.)

- 바이든 행정부의 ‘미국에 투자하기(Investing in America)’ 아젠다에 따른 투자 현황을 공개하며 반도체, 청정 에너지 등의 산업에서 선도하려면 혁신 파이프라인 전반에 걸친 투자가 중요함 발표

  ➟ 발표를 통하여 기초연구가 높은 경제적 이익을 창출하는 혁신으로 이어질 수 있도록 투자를 확대해야 함을 시사

- 미국 전역 STEM 분야의 지역 혁신 및 인력 개발을 지원하고, 국가의 미래 경쟁력 강화를 위한 기초 및 응용연구 지원 강화 발표

❑ (정책 방향) 「미국 경쟁법」, 「미국 혁신경쟁법안」 등의 법안 발의를 통하여 기술패권 경쟁 심화에 따른 국가경쟁력 강화를 위한 과학기술 육성 및 보호 추진

❍ 미국 혁신경쟁법안('21.6.) 및 미국 경쟁법(22.2.)은 과학연구 및 기술 리더십 강화 및 과학기술 발전을 위한 핵심기술분야 연구·기술개발 지원을 포함

- 국가 안보를 좌우하는 주요 산업 분야의 혁신 촉진을 위하여 미국의 혁신, 경쟁, 보안의 청사진을 담은 「국가 스펙트럼 전략」 발표('23.11.)와 변혁적 형평성과 다양성을 위한 연구접근성 확대(GRATED) 이니셔티브를 통하여 연구지원과 서비스 기반 시설에 대한 접근 문제 해결 추진('24.2.)

- 또한, 미국의 첨단기술을 보호하기 위한 기반 확보와 국제적 리더십 및 경쟁력 강화를 위하여 'CET에 대한 미국 정부의 국가 표준전략' 보고서 공개('23.5.)

➡ 핵심·신흥기술(CETs) 분야에서의 리더십 강화를 위하여 사상 처음으로 국가차원의 표준전략을 발표하였으며, 미국이 추구할 혁신의 새로운 방향성을 제시하고 안보를 강화할 수 있는 기술 분야 목록*을 제시('24.2.)

* ①고성능 컴퓨터, ②최첨단 엔지니어링 재료, ③차세대 가스 터빈 엔진 기술, ④첨단 네트워크 감지 및 신호 관리, ⑤스마트제조·AI제조, ⑥AI, ⑦생명공학, ⑧청정 에너지 생산 및 저장, ⑨개인정보 보호·데이터보안·사이버보안, ⑩지향성 에너지, ⑪고도 자동화·자율 및 무인 시스템 및 로봇 공학, ⑫사람-시계 인터페이스, ⑬초음속 기술, ⑭통합 통신 및 네트워킹 기술, ⑮위치·항법 및 타이밍 기술, 양자 정보 및 활성화 기술, ⑯반도체 및 마이크로 전자 공학, ⑰우주 공학 기술

<표 3-20> 미국 경쟁법안(ACA)와 혁신경쟁법안(USICA) 중 관련 주요 내용

순번	주요 내용
미국 경쟁법안	• 반도체 투자 확대 • 자국 생산과 미국 중심의 공급망 강화 • 미국의 과학적 연구 및 혁신의 우수성 진화 • 미국의 경쟁력과 글로벌 리더십 확보
미국 혁신경쟁법안	• 반도체 산업에서 미국의 기술우위 유지, 중국산 통신장비 의존 방지 등 • 국립과학재단(NSF) 내 기술국 신설, 연구안보 강화, STEM 인재양성 촉진 등

❍ 現 바이든 정부는 보다 강력하고 현대화된 방위 산업 생태계 구축을 위한 「국방산업전략」을 발표('24.1.)하였으며 첨단제조 분야 인력 개발을 위한 전략 「FACT SHEET」을 발표('24.1.)

- 국방부(DOD)는 제조 및 STEM 기술의 역량을 갖춘 인력 양상에 중요성을 강조하며, 미래 기술 혁신을 위한 인력 양성 및 첨단 제조 인력 파이프라인 구축을 위한 실행계획을 발표·수행

- 첨단 제조업의 고급 인력 양성 및 일자리 제공을 위한 프로그램 조성하였으며 다양한 전략 발표를 통해 과학기술 혁신과 이공계 인재 양성 촉진 수행

❑ (임무지향) 미국은 국가경쟁력 강화를 위해서 임무지향적 과학 기반 및 변혁적 연구 활성화 중심으로 정책을 추진

❍ (임무지향적 과학 정책) 사회 현안, 국가 기술경쟁력 강화 등 국가적 임무를 목적으로 하는 모든 과학기술적 자원을 총동원하는 체계

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

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

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

❍ (과학기술혁신 거버넌스 구축) 독자적인 행정임무를 담당하는 여러 연방부처들에 의해 다원화된 과학기술정책이 추진되며, 국가의 주요 임무를 기준으로 연구관리 및 연구를 수행하는 분산형 체계의 특징

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

- (주요 특징) 범부처적 추진체계를 구성하여 관련 부처 및 기관들의 유기적인 협력관계를 구축하여 종합적 접근을 통해 다양한 혁신주제의 의견수렴과 네트워크를 강조

❍ Ameriaca COMPETES act*(미국경쟁법)는 '07년 미국과학한림원(NAS) 권고 및 ACI 추진에 따라서 상·하원에서 제시된 여러 법안과 통합하여 제정되었으며 미국의 글로벌 경쟁 우위 지속를 위해 연구개발투자 확대 및 수학·과학 교육 개선을 주요 목적으로 함

<표 3-21> America COMPETES act 관련 주요 법안

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

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

- (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 교사 역량 강화 및 신규 교사 양성과 초중등 STEM 교육 확대

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

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

- (혁신 활동 강화를 위한 기획·조정 강화) 대통령 직속 혁신 및 경쟁력 자문회의 신성 및 연구 인프라 조성을 위한 국가적 기회·조정

<표 3-22> America COMPETES act 제정 및 개정이력

구분	주요내용	비고
Act of 2007 (Public Law 110-69)	• (개요) 고위험·고수익 기초연구 및 혁신기술 기획·투자 확대 • (내용) 주요 연방기관(NSF, NIST, DOE) 예산 배증, ALPA-E 신설, 직제 개편	만료
Act of 2010 (Public Law 111-358)	• (개요) 물리과학 기초연구 투자 확대 및 STEM교육 강화 • (내용) NSF 및 NIST 예산 배증, NASA 및 과학기술정책실 STEM교육 지원	만료
Act of 2022	• (개요) 반도체 산업 및 안보(상품 제조 및 공급망 지원 등) 관련 투자 확대	진행 (하원통과)

❑ 미국 정부의 과학기술정책 추진 추이

❍ '21년 1월 새롭게 출범한 바이든 정부는 R&D를 통한 전략기술분야의 주도권 확보, 국제 현안 해법 제시, 국민 체감형 사회문제 해결 등을 중점으로 하는 과학기술 정책을 추진

- '20년 6월에 상원 통과한 Endless Frontier act를 통해서 기초·도전 연구, 인력양성, 기술사업화, 지역혁신 등 전방위적 과학기술 혁신 노력 강화

➡ Endless Frontier act는 미국 과학분야 리더십과 국가 안보 미 이익을 위한 기술수준을 장기적으로 고양하는 것을 목적으로 하는 법안으로

➡ 국립과학재단(NSF), 상무부(DOC), 에너지부(DoE), 항공우주국(NASA)에 5년간 R&D 자금 1,200억 달러를 배정하여 연방정부가 미국의 과학 및 기술혁신을 주도, 이공계 인재 양성 촉진

<표 3-23> Endless Frontier act의 주요 내용

Title	주요 내용
Title 1	• 국립과학재단(NSF) 내 기술혁신국(Technology Directorate) 신설 • 향후 5년간 290억 달러 예산 배정을 통한 과학진흥 업무 추진 • 기술국은 제반 연구의 성과를 실제 기술에 적용하고 미국의 기술리더십 발전에 주력 • AI, 양자컴퓨팅 등 분야의 연구개발 지원, 지식재산권 보호, 기술 테스트베드 건립, 상기 산업과 관련된 인력 양성과 장학금 지원 업무 수행
Title 2	• 국립과학재단(NSF) 내 CDO(Chief Diverity Officer) 직위 신설 • 농어촌 지역의 STEM 교육 촉진 • 기존 수행하던 정밀농업, 양자정보과학, 희토류, 바이오경제 관련 프로젝트 등에 5년간 520억 달러 추지 지원
Title 3	• 적국으로부터 연구성과를 보호하기 위해 국립과학재단(NSF) 내 연구보안 오피스 인가 • 대학의 연구결과 유출방지를 위한 사이버안보 업무 수행 • 이외 연구보안 관련 리스크 연구 및 공유 기관 신설 • 연구자의 적국의 인재양성 프로그램 참여 행위 금지
Title 4~5	• 제조업체 역량강화를 위한 상무부 제조업 기술확장 파트너십(MEP) 예산 4배 증액 • 공급망 회복력 강화를 위한 동맹국과의 협력방안 연구 프로그램 신설
기타	• 우주공학 기술개발 및 인재양성, 농어촌 인터넷 설비 보완, 통신분야 국제 표준 구축 참여 등을 위한 예산을 항공우주국(NASA) 국입통신정보청(NITA), 에너지부(DoE)에 편성 • 예산 편성액은 약 260억 달러

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

❍ NIH Reform Act는 '07년에 신설된 국민건강증진에 대한 중요성을 바탕으로 NIH의 개혁을 통한 기능 강화를 목적으로 하는 법안

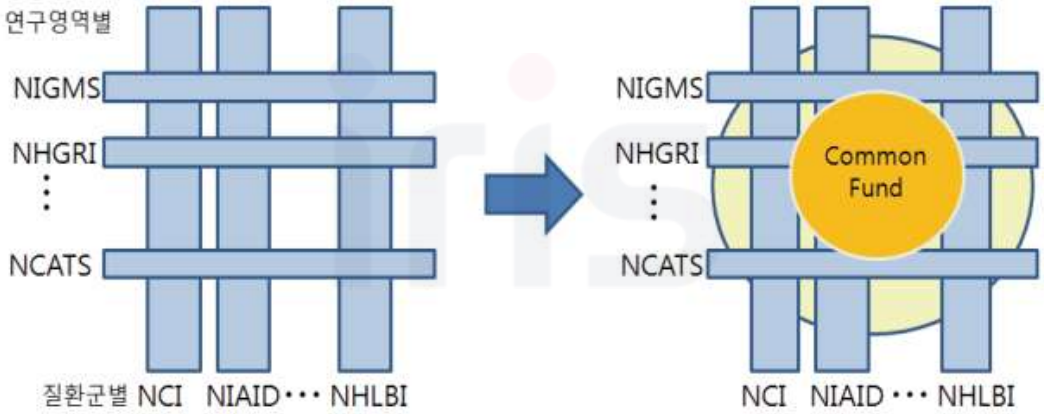
- NIH Reform Act에서는 NIH 원장 권한 강화를 통한 산하 기관 간 프로그램 조정 권한 부여 및 공동기금(Common Fund)을 통해서 범-NIH 차원의 협력 연구를 확대·강화

➟ 공동기금(Common Fund)은 '04년 NIH 로드맵에서 출발하여 NIH Reform Act에 의거 기금이 마련되면서 추진

<표 3-24> NIH Reform Act 주요 내용

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

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



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

<그림 3-1> 미 NIH 사업구조의 변화

❍ NIH의 공동기금(Common Fund) 프로그램은 단기 목표(5~10년) 달성을 중심으로 바이오 의료 분야에서 혁신적인 파급효과를 미치는 아이템에 전략적으로 투자

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

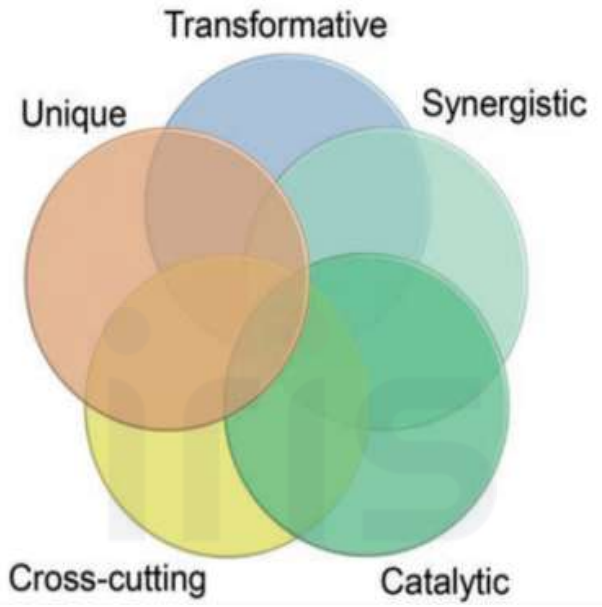
- NIH 내에서 벤처캐피탈 기능을 하며, 우선순위가 높은 연구이지만 단일 기관에서 해결이 어려운 고위험 혁신 분야에 대해서 2개 이상의 산하 기관 간 협력을 통해 긴급과제 해결 및 새로운 과학적 기회 창출을 추진

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

<표 3-25> NIH Reform Act 주요 내용

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

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



출처: NIH(2014), A decade of dicovery – The NIH Roadmap and Common Fund

<그림 3-2> 미 NIH Common Fund 선정 기준

나. 유럽

(1) EU

❑ **(투자 방향) 유럽연합은 유럽의 지속적인 경제회복과 일자리 창출, 전략적 자율성 강화를 위하여 '24년 예산안 1,893억 유로를 제안('23.6.)**

❍ 지속가능한 미래를 위한 기술 수요 증가와 녹색 전환·디지털 전환으로의 투자를 위한 지속 공급 전망

- 연구 및 혁신에 136억 유로를 투자할 예정이며 그중 128억 유로가 호라이즌 유럽 관련 예산이며 유럽의 전략 투자에 46억 유로 예산 배정

➟ (유럽 전략 투자) 커넥팅 유럽 퍼실리티 사업에 27억 유로, 디지털 유럽 프로그램에 13억 유로, 미래 우선순위 기술 및 솔루션 역량 강화를 위한 InvestEU 프로그램에 3억 4,800만 유로 배정

❑ **(정책 방향) 유럽연합은 글로벌 이슈 해결을 위한 국제적 공조와 연대를 주도·선도하고 있으며 유럽 내 기술 주권 확보 및 EU 자체 기술역량 확보를 위한 과학기술 혁신과 첨단기술 확보에 집중**

❍ 유럽연합은 디지털 및 녹색 전환을 위한 산업 분야 및 산업 경쟁력 강화를 위한 분야에서 유럽연합의 글로벌 리더십 강화를 위한 이니셔니브 및 법안을 승인하며 연구 및 혁신의 우선순위 제시

- 유럽연합은 유럽의 반도체 생태계 강화를 위한 칩법(European Chips Act)을 승인('23.7.)하며 반도체 분야에서의 연구 혁신 및 기술 리더십 강화를 추진하고,첨단소재 글로벌 리더깁 강화를 위한 포괄적인 전략을 제안('24.3.)하는 등 유럽연합 내 연구·혁신 우선순위와 투자를 조율할 구체적인 방안을 제시

❍ 유럽연합은 정치·경제·사회·문화적 공동체로서 정책 방향성과 우선순위를 설정하고, EU 상위 전략과 연계된 과학기술 프로그램 조성을 통하여 유럽연합 전체의 혁신성장 유도

- 유럽연합은 Europe 2020을 통해 EU 경제 발전목표를 설정하고, 이를 EU 과학기술 프로그램인 Horizon 2020과 Horizon Europe와 연계하여 수행

❍ 유럽의 연구 혁신 부문 발전을 위한 futures4europe 플랫폼 출범('24.2.) 및 「호라이즌 유럽 2차 전략계획 2025-2027」을 채택('24.3.)

- 호라이즌 유럽의 2차 전략계획은 R&I에 대한 투자 효과를 높이고 과학 및 혁신 분야에서 유럽의 리더십을 강화하기 위해 EU와 그 외 지역에서 업무를 조율하는 것을 목표

❑ **(임무지향) EU는 경제부흥과 국제사회에서의 경쟁력 강화를 위한 핵심 정책방향으로 연구와 혁신(R&I)을 설정하고 이를 위한 영향력 제고를 위한 방안으로 임무지향형 혁신정책을 강조**

- (R&I 정책) 회원국의 녹색성장 및 디지털화를 추진하기 위해서 연구, 혁신, 과학 및 기술에 대한 종합적인 투자
- (임무지향형 혁신정책) 정해진 시간 내에 사회현안 과제를 해결하기 위하여 과학, 기술 및 혁신 등을 활용하여 추진하는 정책

❍ (제9차 프레임워크, Horizon Europe) Horizon Europe은 고도로 숙련된 인력과 최첨단 연구에 대한 투자를 늘려 EU의 과학 및 기술력을 향상하고자 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 기본원칙으로 하고 미래신흥기술 프로그램에 관해 새로운 아이디어와 연구주제 탐색을 지원

➟ (글로벌 과제/산업 경쟁력) 사회 각 분야 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 조성과 혁신기술연구소 활용을 강조

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

➟ 아젠다는 과학기술역량과 산업경쟁력 강화 촉진, 글로벌 사회과제 해결에 기여하는 전략을 핵심영역으로 제시하였으며 기존 Horizon2020의 기본이념과 수행틀을 승계하여 '혁명이 아닌 진화 (Evolution not revolution)'를 기본방향으로 수립

<표 3-26> 중점과제별 내용과 지원자금

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

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

❍ (유럽 연구혁신 위원회) 회원국, 국제파트너, 대중, 산업체 및 기타 관련자들과의 협력을 통해 R&I 정책을 수립 및 실행

- 위원회는 투자 및 관련 규제의 지원을 통해 친환경 및 디지털 혁신을 목표로 인류와 지구의 지속 가능하고 안전・공정・번영하는 미래로의 전환 가속화에 기여

- 검증된 과학기술을 기반으로 대중, 산업체의 의견수렴 통하여 사회에 큰 영향을 미치는 것을 지향하여 윤리적이고 효율적인 운영 방식으로 부가가치 창출하는데 초점



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

<그림 3-3> 유럽 연구혁신 위원회 주요 과업

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

* 호라이즌 2020 사업 내에서 약 10억 유로(약 1조 3천억 원) 규모의 그린 딜 콜 (call)이 진행 예정

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

➟ (사람 중심의 경제) EU기 공정함을 유지하며 번영할 수 있는 방안에 초점을 맞추고 있고 소기업의 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

➟ (유럽 민주주의에 근간한 새로운 정책) 정치 참여와 대중사회 참여 확대, 책임과 정당성 제고, 권리 보호, 평등 및 포용 촉진과 민주기관 신뢰 강화에 기여

➟ (성과 달성에 유리한 지속 가능한 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 3-27> 유럽 연구혁신 위원회 7대 과업

주요 과업	세부실행 항목
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 기후중립 달성을 위한 연구 및 혁신의 핵심 역할에 대한 인식 향상
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 전환의방향을 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
사람중심의 경제	• (항목 3.1) 연구와 혁신의 수행 및 R&I(연구혁신정책) 투자증대 및 수행은 경제성장 및 일자리 창출을 촉진
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
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
유럽민주주의에 근간한 새로운 정책	• (항목 6.1) 유럽의 연구와 혁신정책으로 대중의 참여를 도모하고 사회적 포용 및 평등정책을 지원
성과를 달성에 유리한 지속 가능한 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: 유럽 연구혁신 위원회 전략계획 2020-2024, KIAT, 2021

(2) 독일

❑ (투자 방향) 독일 민간기업의 R&D 지출 감소에 따라, 독일은 자국 내 민간 대상 R&D 지원 및 경쟁력 강화 지원을 추진

❍ 독일기술이전혁신기관(DATI)은 혁신성이 높은 기술이전 사업을 지원하며, 혁신적 아이디어 개발 촉진 및 기술이전에 따른 장애요소 극복 및 기술이전 역량 강화 추진

- 과학기술계, 민간, 시민사회의 파트너십을 강화하고 자금 조달 프로세스를 간소화, 가속화를 위하여 혁신 스프린트 사업에는 최대 15만 유로, 혁신 커뮤니티 사업에는 최대 500만 유로를 지원

❑ (정책 방향) 연구 혁신을 위한 미래 전략을 임무 중심 혁신 정책 관점에서 수행함에 있어 중요 과제와 우선순위를 제시

❍ 독일 정부는 연방교육연구부가 주도하여 기획한 연구와 혁신을 위함 미래 미래전략을 채택하며 3개의 혁신 정책 목표를 명시('23.3.)

- 이를 통해 연구와 혁신 정책에 대한 목표, 중저 사항, 마일스톤을 제시하였으며 혁신 시스템 개발을 위한 성과 지표 제시

<표 3-28> 독일 미래전략 주요 내용

목표	주요 내용
기술 리더십	• 특정 기술 분야에서 기술 리더십을 유지하고, 새로운 분야에서도 눈을 돌려 자체적으로 핵심 기술을 개발하고 자체적으로 생산할 수 있는 역량을 구비
기술 이전 가속화	• 연구에서 파생된 혁신 솔루션이 시민들의 생활에 응용될 수 있어야 하며, 이를 위해 혁신과 기술이전을 위한 구조를 최적화
기술 개방성 강화	• 사회 전 영역에서 기술에 대한 개방성을 향상해야 하며, 사회 문제 해결을 위한 다양한 종류의 기술 개발 장려

* 출처: 연구와 혁신을 위한 미래 전략 채택, S&T GPS 해외단신, '23.03.

❑ (임무지향) 독일은 하이테크 전략을 중심으로 하는 핵심정책과 이의 실현을 위한 구체적 전략 등을 일관되게 추진하면서도 대내외 환경변화에 맞춰 전략을 발전적으로 수립

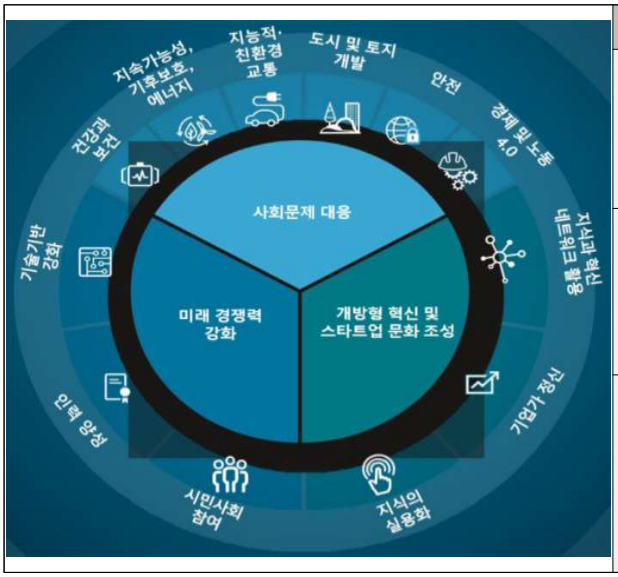
❍ 독일 연방정부는 '06년부터 대내외 위기극복과 글롭러 선도국 위상을 회복하기 위해 국가 전체의 연구개발 프레임워크를 설정한 하이테크 전략 2025를 수립

- 과학기술분야의 최상위 범부처 연구개발 전략으로 지속 가능한 목표 달성을 위한 에너지, 기후변화대응, 이동수단 분야의 기술 프로젝트를 지속 수행하였으며, 변화하는 환경에서 독일이 혁신의 허브를 유지할 수 있도록 하이테크 전략을 지속 추진

- 하이테크전략 2025('18)에서는 기존의 하이테크 성공 전략을 기반으로 부처간 협력 혁신 체계 구축을 위한 3대 중점 분야와 12대 액션플랜을 제시

➟ 실질적 문제해결을 위해 범부처간 조정을 위한 거버넌스 제안과 함께 시민의 참여를 강조함에 따라, 과학과 연구 활동에 있어 새로운 방식의 시민참여 방안을 모색하고 시민과학을 통한 정책 반영이 가속화될 것으로 기대

<표 3-29> 하이테크전략 2025의 3대 전략의 기본방향



구분	주요 내용 및 기본 방향
사회문제 대응	• 사람을 정책의 중심에 둔 사회문제 대응에 초점 • 일상 생활에서 체감할 수 있는 비약적 성과 달성 및 연구와 혁신의 최고 수준 실현 등
미래 경쟁력 강화	• 주요 기술의 통합, 고숙련 전문가의 훈련 및 교육, 시민과학의 미래 역량 요구 • 새로운 기술에 대한 호기심 자극 및 변화상 논의를 위한 장 마련
개방형 혁신 및 스타트업 문화 조성	• 창조적 아이디어와 활동의 범위를 넓혀주는 개방형 혁신과 창업 문화 지원 • 새로운 혁신과정을 통해 창업자로서의 책임을 다하고 사회적 혁신에 기여할 수 있도록 조성 추진

(3) 영국

❑ (투자 방향) 혁신적 연구를 지원하는 New Horizons 이니셔티브를 통해 신규 프로젝트 지원을 발표('22.9.)하는 등 기업과 연구자들의 Horizon 참여를 촉진

❍ 영국연구혁신기구(UKRI)는 기관계획을 통해 주요 목표와 지원계획을 발표('23.10.)

- 영국 과학혁신기술부는 자국의 생명과학, 제조업 및 연구개발 활성화를 위하여 3억 6천만 파운드의 투자 계획을 발표('24.3.)하였으며, Innovate UK는 '40년 이후 영국 산업에 중요한 역할을 한 것으로 예상되는 신흥 기술 전망 보고서를 발표('24.1.)하며 연구개발 지원 방향군을 제시

<표 3-30> 영국 UKRI 기관계획 주요 내용

목표	주요 내용
인재와 경력	• UKRI 자체적인 인재 유치 • 미래 연구개발 인력을 위한 기량있는 인재 및 팀 구성 • 재능있는 인재 및 팀이 아이디어를 실현할 수 있도록 연구 문화 개선
장소	• 지역적, 국가적, 국제적 클러스터 및 파트너십 강화 • 영국의 연구 및 혁신기관의 재정 안정성 개선 • 세계 수준의 연구 및 혁신을 위한 최첨단 인프라 조성
아이디어	• 고품질의, 창의적인 연구혁신을 위해 다양하며 다이나믹한 포트폴리오 지원 • 다학제 연구 장려 및 장애요소 제거
혁신	• 민간 영역 투자를 활성화 하기 위한 기술, 자금, 협력 기회 확대 • 기술 전환, 상업화, 정보 공유 활성화
영향력	• 녹색 미래의 구축, 안전하고 회복력있는 국가 조성 등 국가적, 국제적 주요 도전과제 해결 • 미래 기술이 가져오는 잠재적 기회 활용 • 생명과학이나 우주와 같이 미래 경제에 중요한 산업분야의 전환
조직	• 인재 간 협력 촉진 및 활동 지원 • UKRI의 효율성, 효과성, 신속성 제고 • 파트너십 및 리더십을 통한 변화 및 영향 촉진

* 출처: 2023-2024 UKRI 기관계획 발표, S&T GPS 해외단신, '23.10.

❑ (정책 방향) 영국 정부는 과학혁신기술부(DSIT)를 신설하여 과학 및 R&D 지원 활동 통합 및 과학기술 프레임워크 수행 지원을 수행('23.3)

❍ 2030년까지 과학기술 초강대국으로서의 영국의 입지 확보를 위하여 과학기술 혁신에 대한 투자 촉진 및 변혁적 기술 추구 등을 위한 주요 조치 마련 추진

<표 3-31> 영국 과학혁신기술부의 과학기술 프레임워크 10가지 핵심 조치 주요 내용

핵심 조치	주요 내용
핵심기술의 개발 및 도입	• 전략적인 이점과 성장 가능성을 가진 5대 핵심기술을 선정하고 각 기술의 발전을 위한 계획 발표
영국의 강점과 목표에 대한 공유	• 과학혁신기술부의 설립을 통해 과학기술에 대한 영국의 비전을 국내외로 공유
연구개발 투자	• 일자리 창추르 성장 촉진 등을 목표로 R&D 투자 확대 촉진, R&D 환경의 관료주의 탈피 등 영국의 연구개발 및 혁신 환경 구축 조성 노력
재능 및 역량 개발	• 산업계와 협력하여 미래 인력에 대한 수요를 파악하고, 교육 시스템이 이를뒷받침할 수 있도록 교사 채용과 재교육, 숙련도 제고 등을 지원
혁신적 과학기술 기업 지원	• 기업이 창업부터 상장까지 성장 전주기에 걸쳐 금융지원을 받을 수 있도록 • 하고, 차세대 과학기술 기업 육성을 위한 금융 생태계를 형성
공공 조달	• 지역 산업의 성장 촉진을 위해 공공조달을 활용하고 다양한 기업이 공공자금을 쉽게 활용할 수 있도록 정부와 산업계 연계 역량 구축
국제적 기회 활용	• 2030 목표 달성을 위해 국제 네트워크 및 과학기술 협력체계를 구축하고, 국제적 논의의 장 형성
물리 및 디지털 인프라에 대한 접근성	• 연구 커뮤니티, 주요 이해관계자 및 정부 전반과 협력하여 R&D 인프라에 대한 장기적인 국가 계획 수립 및 국내외 전략적 투자 우선순위 마련
규제와 표준	• 혁신적인 규제 및 표준 제정을 위한 국내외적인 노력과 규제 및 표준 완화에 따른 안전·보안 문제 개선
혁신적 공공 부문	• 공공부문의 혁신적 문화 양성과 STEM 기술 및 문해력 향상 등을 통해 디지털·데이터에 있어 신뢰할 수 있는 공공부문이 되도록 공무원 역량 강화

* 출처: 과학기술 프레임워크 경과보고서 발간, 글로벌과학기술정책정보서비스, '24.03.

다. 일본

❑ (투자 방향) 자국 내 기초연구를 비롯한 근본적 연구력 향상 및 과학기술·혁신 인재 육성을 위한 투자에 전년 대비 증가한 예산 투자

❍ 일본 정부는 당면한 사회문제 해결을 위해 과학기술·혁신에 중점 투자하고 있으며, 지속적인 연구개발 활동을 통한 혁신 시스템 전환을 유도 중

- '24년 문부과학성의 예산은 전년 대비 11.9% 증가한 5조 9,216억 엔이었으며, 연구력 향상을 위한 사업에 3,036억 엔, 인재 육성·확보 사업에 254억 엔의 예산을 투자

❍ 일본 자국내 과학기술 연구개발 추진체계는 범부처 기획조정기구, 문부과학성, 산업담당부처, 대학, 연구지원기구 등으로 구성

- 문부과학성은 과학기술에 관한 범정부 차원의 연구개발 프로그램과 대규모 연구프로젝트를 수행하며, 내각부 내 과학기술정책의 컨트롤타원인 종합과학기술회의(STI)를 종합과학기술·혁신회의(CSTI)로 확대 개편하여 국가차원의 연구개발 프로그램을 수행

➡ CSTI를 통해 과학기술 진흥에 관한 중요사항을 결정하며 이를 통해, 전략적 혁신창조프로그램(SIP), 민관연구개발투자확대프로그램(PRISM), 문샷(moonshot)형 연구개발제도 등 범정부 차원의 과학기술·혁신 관련 연구개발을 주도

❑ (정책 방향) 과학기술혁신 정책체계를 국가 혁신 정책 추진의 기반으로 활용하며 경제성장과 산업경쟁력 강화의 연결을 수행

❍ 글로벌 패권 경쟁 심화 및 글로벌 과제 대응, 자국 사회구조 개혁에 대응하기 위하여 과학기술·혁신을 중심으로 하는 정책 방향인 「제6기 과학기술·혁신기본계획(2021~2025)」를 수립('21.3.)

- 국민의 안전과 안심을 확보하는 지속 가능하고 강인한 사회로의 변혁과 지식의 영역을 개척하여 가치창조의 원천이 되는 연구 역량 강화를 위한 추진 전략 마련

<표 3-32> 제6기 과학기술·혁신기본계획(2021~2025) 주요 내용

정책 목표	주요 내용
국민의 안전과 안심을 확보하는 지속가능하고 강인한 사회로의 변혁	• 사이버 공간과 물리적 공간의 융합을 통한 새로운 가치 창출 • 글로벌 과제해결을 위한 사회 개혁과 비연속적 이노베이션 추진 • 높은 수준의 회복력 확보로 안전·안심 사회 구축 • 가치창조형 신산업 창출의 기반 혁신생태계 구축 • 다음 세대에 물려줄 도시와 지역사회 구축 • 다양한 사회문제 해결을 위한 연구개발 확대 및 성과 창출과 종합지식의 활용 - SIP(Strategic Innovation Promotion Program) 및 문샷 프로그램 등 추진, 지식재산·표준의 활용에 의한 시장확보, 과학기술외교 추진

정책 목표	주요 내용
지식의 영역을 개척하고 가치창조의 원천이 되는 연구역량 강화	• 다양하고 탁월한 연구를 할수 있는 환경의 재정비 • 새로운 연구개발 시스템 구축(오픈 사이언스와 데이터 기반 연구추진 등) • 대학개혁의 촉진과 전략적 경영을 위한 기능 확장
개인의 다양한 행복과 도전을 실현하는 교육 · 인재육성	• 탐구력과 지속적 학습 태도를 강화하는 교육 · 인재육성 시스템으로 전환

* 출처: 일본의 제6기 과학기술·혁신기본계획 주요 내용과 시사점, KISTEP 정책브리핑, '21.4.

❍ 문부과학성은 과학기술·혁신 정책의 주요 시책을 담은 과학기술·혁신 백서 공개('23.6.)를 통하여 과학기술·이노베이션 창출을 위한 정책 소개

- 제6기 과학기술·혁신기본 계획 추진 및 Society 5.0 실현을 위하여, 범부처적 과학기술 및 혁신 정책을 구체화한 「통합혁신전략 2023」을 발표('23.6.)하여 과학기술 및 혁신 정책의 세부계획을 제시

<표 3-33> 일본 통합혁신전략 2023의 주요 내용

정책 방향 제시	주요 내용
첨단 과학기술의 전략적 추진	• 중요기술에 대한 국가적 전략 추진 및 국가적 중요과제에 대한 대응 • 안전 · 안심 확보를 위한 첨단 과학기술의 공헌 • 사회과제 해결을 가속하는 연구개발 및 사회구현 강화
지식기반 및 인재육성 강화	• 10조 엔 규모의 대학펀드와 연구대학의 진흥에 의한 연구기반 강화 • 창조적이고 다양한 인재의 육성, 교육 강화 및 사회에서의 활약 촉진 • 가치관을 공유하는 파트너 국가와의 제휴
혁신생태계 구축	• 스타트업 육성 5개년 계획 추진을 통한 스타트업 전폭적 지원 • 글로벌 스타트업 캠퍼스 구상을 비롯한 도시와 지방, 대학, 스타트업의 제휴 강화 • 성장 지향 자금 순환 형성과 연구개발투자 확대 • 디지털 시골 도시 국가 구상의 가속

* 출처: 일본통합혁신전략 2023의 주요 내용 및 시사점, KISTEP 정책브리핑, '23.8.

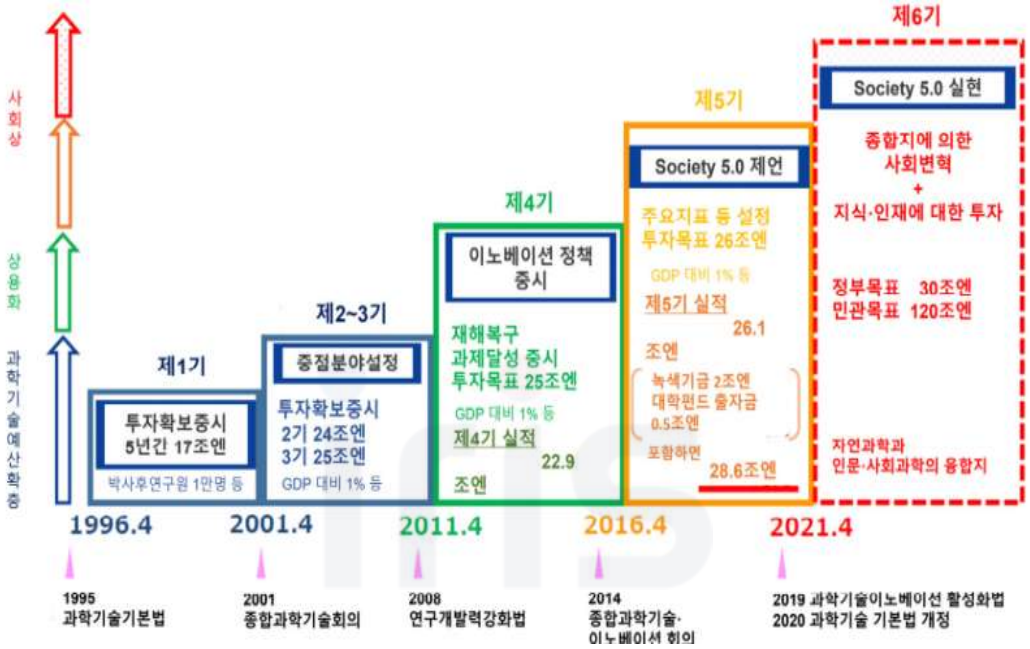
❍ 혁신을 창출·촉진하는 지식재산생태계 재구축을 위한 논의를 통해 일본 입지 경쟁력 강화 및 연구개발 촉진을 위해 필요한 환경 정비, 지식자본 투자의 가시화 등의 내용을 담은 자료 발표('24.2.)

- 문부과학성은 연구행정전문가(RA)의 육성·확보에 관한 정책 실시를 통하여 새로운 연구지원 및 연구추진 업무 확대를 추진

❑ (임무지향) 대내외 환경변화와 함께 혁신의 중요성이 강조됨에 따라, 과학기술 기본법인 「과학기술·혁신기본법」 개정과 「과학기술혁신추진사무국」 을 신설

❍ 일본 정부는 제6기 과학기술·혁신기본계획에 인문사회 진흥과 혁신창출을 추가하여 본격적인 사회 변혁을 착수

- 기본계획을 통한 Society 5.0 사회 실현을 위하여 ①국민의 안전과 안심을 확보할 지속 가능하고 강인한 사회로의 변혁, ②지식의 영역을 개척하여 가치창조의 원천이 되는 연구역량 강화, ③개인의 다양한 행복과 도전을 실현하는 교육 인재 육성 등을 추진



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

<그림 3-4> 제6기 과학기술·이노베이션 기본계획의 Society5.0

- 일본 정부는 과학기술 분야의 혁신 창출을 위한 제도적 지원을 강화 하였으며, 연구의 자율성 확보를 위해 대대적인 구조개혁을 시행

➟ 「과학기술·이노베이션 활성화법」을 통해 연구개발 활동을 지원하고 융합 공동연구를 촉진하였으며, 대학과 연구소를 독립행정 법인화함으로서 자율성 확보를 위한 구조개혁 진행

➟ 종합과학기술·이노베이션회의를 구심점으로 한 과학기술정책 거버넌스 체제하에, 임무 중심의 연구개발을 추진

❍ 「종합 이노베이션전략」은 일본 정부전체의 기술전략 방향성을 보여주는 이노베이션 관련 핵심문건으로 Society 5.0 실현의 구체화를 위한 6대 분야 중점 정책을 제시

<표 3-34> 종합 이노베이션 전략 2021 중점 정책: 제6기 기본계획 및 Society 5.0의 구체화

구분	구체적인 전략
지속가능한 강인한 사회	• 사이버 공간과 물리적 공간의 융합에 의한 새로운 가치 창출 • 전 지구적 문제 극복을 향한 사회 변혁 및 비연속적 이노베이션 추진 • 리질리언트(Resilient)한 안전 · 안심이 되는 사회의 구축 • 가치창출형 신규사업의 기반이 되는 이노베이션 에코시스템 형성 • 차세대를 위한 도시 및 지역 구축(스마트시티로의 전개) • 다양한 사회문제 해결을 위한 연구개발 및 상용화 추진 및 종합지 활용
연구역량 강화	• 연구 환경 재구축을 통한 다양하고 우월한 연구 생산 • 새로운 연구 시스템 구축(오픈 사이언스 및 데이터 기반의 연구 등 추진) • 대학개혁 촉진 미 전략적 경영을 위한 기능 확장
연구역량 강화	• 개개인의 다양한 행복 추구 및 과제로의 도전을 실현하는 교육 및 인재육성
분야별 전략	• 관민연계에 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, 관민 120조 엔의 투자목표를 설정, 국제적 연구 개발 경쟁의 우위에 설 수 있도록 지원, 이노베이션화 촉진
자금순환	• e-CSTI10)의 AI 활용 등 기능 확장 및 기본계획의 추진파악 및 분석과 종합전략과의 연동을 위한 기반 구축

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

- 일본 정부는 글로벌 시장에서의 기술 경쟁력 확보를 위한 임무중심의 전략적 연구개발 또한 지원

➟ ①혁신적 연구개발 추진프로그램(ImPACT), ②전략적 이노베이션 창조프로그램(SIP), ③PRISM(관민연구개발투자확대프로그램), ④문샷형 연구개발제도 등을 지원

<표 3-35> 일본 정부 주도 임무중심형 연구개발 프로그램

구분	구체적인 전략
ImPACT	• 부처 · 분야의 테두리를 넘어 스스로 예산을 배분하고 기초연구에서 출구(실용화 · 사업화)까지 겨냥하여 규제 · 제도 개혁 수행
SIP	• 산업과 사회의 방식에 큰 변화를 가져올 혁신적인 과학기술 이노베이션 창출을 목표로 HRHR의 도전적인 연구개발 추진
PRISM	• 민간연구개발투자의 효과가 높은 영역이나 연구 성과 활용이 기대되는 영역에 투자하는 연구개발 사업
Moonshot	• 일본판 DARPA도 사회적 과제를 주요 테마로 설정하여 장래 사업화를 염두한 연구개발 지원 추진

라. 중국

❑ (투자 방향) 중국의 R&D 투자액은 3조 783억 위안(약 560조 원)에 달했으며, 세계 2위를 차지('22)

❍ 「2022년 전국 과학기술 예산 투입 통계」에 따르면, 중국의 연구개발(R&D) 투자액은 3조 위안이었으며, 기초연구 투자액은 사상 처음으로 2,000억 위안을 돌파

- 과학·기술 관련 재정 지출은 1조 1,128억 위안으로 혁신기술을 통한 중국 과학기술 분야의 자립·자강을 도모하기 위한 R&D 투자 확대로 기술 국산화를 추진

❍ 정부 차원의 기술 민족주의 지원을 통하여 내수 중심 생태계 구축 및 과기혁신 강국 건설 추진

- 과학기술 자립·자강을 국가 발전의 전략적 버팀목으로 간주하여, 국가혁신시스템 개선 및 전략적 과학기술 역량 강화 추진

  ➟ 국가 차원의 과학기술 문제해결을 위하여 국가실험실, 국가공정연구센터, 국가기술혁신센터 등 중대과기혁신플랫폼 구축 수행

❍ 지난 6년('18~'22)간 국가재정에서의 과학기술 지출예산은 연평균 6.4% 증가하였으며, 기초연구·응용연구 및 프런티어 연구에 대한 투자 확대

- 과학기술의 혁신 원천성 확보·강화를 위하여 기초연구 투자액을 확대하였으며, 미래 산업의 게임체인저가 될 수 있는 분야를 중심으로 장기적 투자를 수행

  ➟ 기초연구 창조적 성과 부족 문제 해결을 위해 「'ZERO TO ONE' 기초연구사업 강화방안」('20.3.) 발표로 원천혁신 환경 최적화, 국가과학기술계획의 원천혁신 유도 강화, 국가중점실험실의 원천혁신 강화 등 원천성 확보를 위한 정책적 투자 지원 수행

❑ (정책 방향) 과학기술 행정체계 개편을 통하여 과학기술 행정 효율성 및 집중성 제고 등 국가전략기술 중심의 과학기술시스템 최적화 추진('23.3.)

❍ 중국 양회는 과학기술부의 역할을 과학기술 혁신 전주지 관리 최적화, 과학기술 사업화, 과학과 경제사회 발전의 융합 촉진 등에 집중

- 국가적 임무중심의 정책혁신 및 국가혁신시스템 개혁 과제와 연동하여 과학기술 최상위기구 정비를 수행하며 과학기술 강국을 위한 정책 추진

❍ 「미래산업 혁신발전 촉진 실시방안」 발표를 통하여 미래산업 육성을 위한 기획 강조('24.1.)

- 시진핑 국가주석은 공산당 중앙정치국 집단학습에서 높은 수준의 과학기술 자립·자강을 위한 '파괴적 혁신'을 강조('24.1.)

<표 3-36> 미래산업 혁신발전 촉진 실시방안 주요 내용

구분	주요 내용
달성 목표	• (`25) 미래산업 기술혁신 및 산업육성, 안전 거버넌스 등의 발전을 통하여 일부 분야에서 선진국 수준 도달 및 산업 규모의 안정적 확대 • (`27) 미래산업 분야의 종합적 실력의 현저한 발전, 일부 분야에서 세계 선도 실현
촉진 방안	• 미래산업을 창출할 선도 기술 육성 -(혁신) 6대 분야 핵심기술 확보를 위한 국가과기중대프로젝트 및 증대과학기술공략공정 추진 -(인식) 중점분야 과학기술 발전방향 추적을 위해 미래산업 전망 기능 구축 -(성과) 육성 대상 선도 기술의 정기적 발표, 미래산업 성과 온라인 공유 플랫폼 구축
	• 미래산업 체계 및 발전생태계 구축 -(기술공급) 국가 전략적 과학기술역량 및 선도기업의 역할 발휘를 통해 선도 기술과 파괴적 기술 돌파 가속화 및 독창적 기술 발원지 구축 -(산업육성) 미래산업 신기업 육성 가속화, 대기업을 이용한 미래산업 분야 산업망 구축, 산·학·연 협력 및 대·중·소기업 협력 등 미래산업 혁신공동체 구축 -(인프라 최적화) 미래산업 표준화 로드맵 수립 및 표준·특허 유도, 핵심기술 검증 역량 강화, 미래산업 선도 기업가·과학자의 대대적 육성, 디지털 인프라 구축
	• 보장조치 강화 -(총괄 조정 강화) 범부처 협력, 중앙과 지방 간 협력을 강화하여, 뇌-컴퓨터, 양자정보 등의 전문 분야를 중심으로 하는 미래산업 정책체계 완비 -(금융 지원 확대) 제조업 구조조정 및 고도화 기금, 국가 중소기업 발전기금 등의 투자 확대 견인, '과학기술-산업-금융 일체화' 전문프로젝트 실시 -(국제협력 심화) 중국 내 기업과 연구기관의 해외 진출 권장, 다국적기업, 해외 연구기관의 국내 선도기술 R&D센터 설립 권장, 관련 국제기구와의 협력 강화

* 출처: 미래산업 혁신발전 촉진 실시방안 발표, 과학기술정책지원서비스, '24.1.

❍ 중국은 '20년 「국민경제와 사회발전 제14차 5개년 계획 및 2035년 장기 목표 제정에 대한 건의안」을 통하여 과학기술역량 제고를 바탕으로 혁신성장 및 과학기술 자립·자강 추진 발표

<표 3-37> 중국 과학기술부 14차 5개년 과학기술 사업 관련 주요 내용

조치	주요 내용
국가 전략적 과학기술 역량 구축	• 일부 프런티어 분야를 겨냥해 전망성·전략성 국가중대과기프로젝트 실시
기초연구 강화	• 세계 과학 프런티어에 직면한 혁신적인 과학문제 발견과 제시 • 기초연구 법칙 특징에 부합하는 평가 메커니즘 구축
과기혁신 체제 개선	• 새로운 과학기술 체제개혁 가동 • 연구기관 체제개혁을 가속화하고, 과학연구 자주권 확대
기풍·학풍 육성	• 연구자 부담 경감 특별행동 실시, 양호한 과학연구 생태계 구축 • 과학기술 보급을 강화하고, 과학자 정신 고양

* 출처: 중국, 14차 5개년 계획 내 과학기술 사업 강조, 과학기술정책지원서비스, '20.11..

❑ (임무지향) 시진핑 정부는 기존의 과기정책·사업에 대한 점검을 토대로 혁신주도 발전을 새정부의 정책 기조로 확정하였으며 제13차 5개년 규획 강요를 공표하며 혁신을 핵심 전략으로 강조

❍ 혁신주도형 발전전략이라는 정책기조를 출범하였으며, 2050까지 세계 과학기술 강국으로 도약하겠다는 청사진인 '과학굴기'를 제시



<그림 3-5> 중국의 과학기술혁신강국 건설 단계별 목표

❍ 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

- 14차는 기존 특정 산업육성 중심의 전략을 벗어나 가치사슬 고도화라는 관점에서 정책을 추진

➟ 5개년 계획은 기조가 전략적으로 변화하고 있으며, 11차는 해외투자 유치 및 생산량 증대, 12차는 자주 혁신, 13차는 세계 선도 기술 개발을 목표

- 각 분야별로 '14·5' 규획 기간에 달성해사 할 주요 발전 목표와 임무를 제시하고 이를 달성하기 위해 추진해야할 주요 정책 및 프로젝트를 제시

➟ '14·5' 규획에서는 대내외 발전 기회에 대해 정확히 분석하고 중국이 직면한 난제와 도전에 대해 정확하게 분석

❍ 기술경쟁 시대에 과학기술을 바탕으로 한 혁신주도를 최우선 과제로 제시

- 국가발전 전략 기반으로 과하기술 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

➟ 혁신주도형 발전을 견지하고 현대 산업체계의 발전 가속화할 계획으로 과학기술 혁신, 산업 발전, 디지털 전환을 통합적으로 추진

<표 3-38> 중국 14차 5개년 규획 기간 과학기술 키워드 및 주요 정책

구분	내용
핵심방향	• 기술자립, 쌍순환
전략기술	• (7대 과학기술) AI, 양자정보, 집적회로, 뇌과학, 유전자 바이오, 임상의학 헬스케어, 우주심해·극지탐사 등
	• (8대 산업) 고급신소재, 주요기술장비, 지능형제조·로봇, 항공엔진, 베이더우항법시스템, 신에너지자동차, 첨단의료기기·신약, 농업기계장비
R&D 인프라 구축	• 국가실험실 건설 추진, 국가기술혁신센터 최적화 • 기초연구 투자 확대(`21년 10.6% 증액) • 국제 과기혁신센터, 국가자주혁신시범구 강화
기업지원	• 산·학·연 연계를 위한 선도기업의 컨소시엄 추진 • 기업의 연구개발 우대 및 장려 • 창업투자 감독관리체제 및 발전정책 보완
인재양성	• 연구인력 인센티브 • 심사·평가 등 제도 개선
제도개선	• 출신·자질 불문 능력 위주 등용 추진 • 과학기술 글로벌 개방협력 촉진 • 지식재산권 보호 강화

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

❍ 2024년 중국은 9가지 중점 임우를 제시하여 과학기술 혁신을 통한 현대 산업 시스템 건설을 1순위로 선정

- 과학기술 혁신을 통한 산업 혁신 촉진, 게임 체인저가 될 전복성(顚覆性) 기술과 선진기술로 신산업·신모델·신동력을 생성하고 신품질 생산력 발전을 골자로 함

2 국내 투자 및 정책 동향

❑ (투자 방향) 과기정통부는 '24년 5조 8,577억 원을 투자하는 「2024년도 연구개발사업 종합시행계획」을 통하여, 연구자가 혁신·도전적인 R&D를 추진할 수 있도록 투자 강화 수행

❍ 기술 패권 경쟁에 대응하는 전략기술 확보 목적의 R&D 투자 강화와 연구개발 혁신을 위한 제도개선 수행 추진 발표('23.12.)

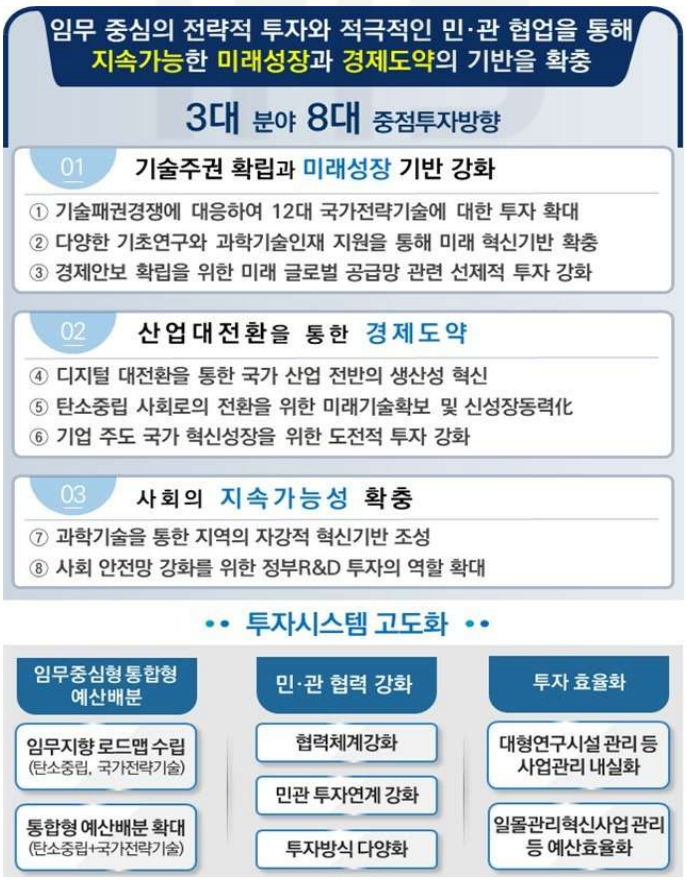
- '24년도 과학기술 투자 방향은 임무중심의 적극적인 투자로 지속가능한 미래성장과 경제도약의 기반 확충이며, 기초연구과 과학기술 인재 지원을 통한 미래혁신 기반 조성 및 국가 혁신성장을 위한 도전전 투자 강화 등이 중점 투자 방향

➡ (기초연구) 연구자 중심의 창의·도전적 기초연구에 대한 지원 지속 및 연구환경 변화를 반영하는 선진 연구생태계로의 전환 추진

➡ (도전적 연구) 딥테크 기업과 기술에 대한 전략적 투자를 강화하고 중개연구 지원 등을 통해 우수연구의 사업화 촉진

<표 3-39> 국내 과학기술 관련 투자 방향

과기정통부 국가연구개발 투자방향(`24)



❑ (정책 방향) 국가적 임무 해결을 위한 정부 R&D의 전략성이 부각 됨에 따라 국가 차원의 도전적 과제해결을 위한 명확한 임무 설정 및 세계를 선도하는 과학기술 허브로의 도약 추진

❍ 국가 차원의 대응이 필요한 사회·경제적 난제 중 과학기술이 기여도가 높고 가시적 성과 창출이 가능한 분야에 임무중심 R&D를 적용하여 정부 R&D의 효과성 제고를 추진('22.10.)

- (특징) 명확한 기한 설정 및 측정 가능 성과 도출을 통하여 국가 차원에서 경제적·사회적 파급력이 큰 임무 해결에 대응

  ➟ (기획) ①명확한 임무 정의 및 구체적 목표 설정, ②임무중심의 R&D 전략로드맵 수립, ③임무중심 추진체계 구축

  ➟ (투자) ①임무중심 R&D 투자의 전략성 강화, ②임무중심 R&D 투자의 적시성 제고, ③임무달성에 최적화된 투자방식 및 기준 적용

  ➟ (수행) ①사업관리의 책임성과 유연성 강화, ②임무중심 R&D에 특화된 평가 체계 구축

❍ 現 정부는 세계 최고에 도전하는 혁신적 R&D를 육성하고 세계를 선도하는 과학기술 글로벌 허브로 도약하기 위한 R&D 혁신 방안 마련('23.11)

- (추진과제) ①도전과 혁신을 견인하는 제도 도입 및 ②R&D에 맞지 않는 규제 혁파, ③차세대 기술분야 대형R&D 투자 확대, ④출연연·대학을 세계적 기초·원천 연구 허브로 육성 등을 추진

  ➟ (실패 용인) 도전적인 연구에 대해서는 목표를 달성하지 못하더라도 불이익을 받지 않도록 성공·실패를 구분짓는 평가등급 폐지

  ➟ (차세대 기술분야 대형 R&D) 실패 가능성이 높지만 성공 시 파급효과가 큰 DARPA 방식 '고위험·고수익형 R&D 확대 및 향후 적극 발굴

❍ 과기정통부는 또한, 기존 혁신형 연구개발사업에서 어려움으로 제기된 사항들의 근본적인 해결을 위해서 국가연구개발혁신법 개정을 추진

- 기획, 선정, 평가 등 연구개발 전주기에 맞춤형 시스템을 개발·완착하여 도전적 목표수립 촉진을 추진

3 국내외 정책 동향 주요 시사점

❑ 국내외 미래 사회 대응 및 글로벌 패권 경쟁우위 선점을 위한 정책 지원 등 과학기술 선도 경쟁 심화 추세

❍ 글로벌 주요국들은 미래 사회 대응을 위한 원천 기술개발 및 변혁적 기술개발을 위한 혁신·도전형 연구개발 사업을 추진 중에 있으며 이를 위한 정책 마련 수행

- 기술·산업 경쟁력 제고를 위한 국가 차원의 역량 동원으로 원천 기술개발 및 혁신·도전적 R&D 추진에 대규모의 투자 추진
- 미래이슈예측 및 대응을 위한 체계적 지원을 수행하며 범국가 차원의 노력 강화로 기술 혁신 추진

❍ 우리나라 또한 국가 경쟁력 강화를 위하여 미래 성장동력 분야 육성과 혁신·도전적 R&D를 위한 정책 추진

- 과학기술이 국가 경쟁력의 핵심 원천임을 시사하며, 12대 국가전략기술에 5년간 25조 원 이상의 투자 계획을 발표하는 등 기술 패권 및 미래 먹거리 창출과 경제안보에 기여할 국가차원의 전략기술 육성 추진
- 혁신·도전형 국가 R&D 추진 방향발표와 혁신도전형 국가R&D사업 협의체 구성을 통하여 과학기술을 바탕으로한 강대국형 선진국으로의 성장 촉구

3절. 도전·혁신형 R&D 추진 동향

1 해외 도전·혁신형 R&D

가. 미국

(1) (국방) DARPA

❑ 진보된 군사기술에 관한 연구개발의 방향을 모색하고 수행하는 것을 주 임무를 수행하기 위하여 DARPA 설립('58.2.)

❍ (목적) 혁신적 연구를 통해 타국으로부터의 기술적 충격을 방지하며 국가 경쟁력의 기반인 자국의 과학 기술적 우위를 유지·강화 하기 위함

- (역할) 국가 안보를 위한 혁신 기술 투자에 중심 역할을 하는 국방 R&D 기획, 평가 및 관리 전문기관

➟ 선도적 주요 미래 이슈를 발굴하고 이에 대응하기 위한 해결책 제시를 위하여 학계의 기초연구 역량과 산업계의 개발 역량을 이어주는 가교

❍ (조직) DARPA는 국방부 산하에 설립되었으나 연구의 창의성 및 독자성을 보장하기 위하여 독립적인 운영 체계 구성

- 임무와 역할을 효과적으로 수행하기 위하여 DARPA는 ①소규모의 유연성 있는 조직(Small and flexible), ②계층관료제를 거부하는 평면조직(Flat organization), ③실질적인 자치권과 관료적 장애로부터의 자유(Substantial autonomy and freedom from bureaucratic impediments) 등 3가지 원칙에 기초하여 조직 구조를 설계

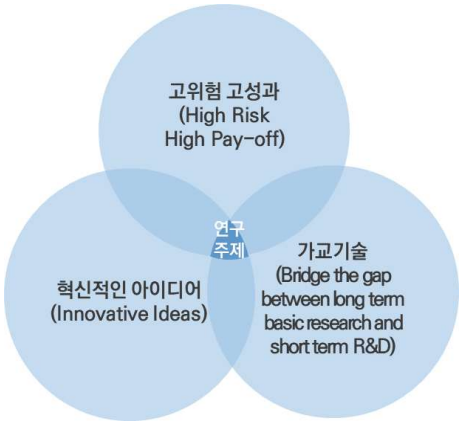
➟ 전체 운영을 책임지는 Director와 Deputy Director → Senior Technical Manager가 관리하는 6개 분야별 Office → Offices내 PM(Program Manager)들이 각 프로젝트를 직접 관리하는 3단계 구조

<표 3-40> 미국 DARPA 조직

구분	주요 내용
생물기술실(BTO)	• 생물학의 고유한 특성(적응, 복제, 복잡성)을 수용하는 기능 개발 수행
국방과학실(DSO)	• 광범위한 과학 및 엔지니어링 분야에 걸쳐 고위험, 고수익 연구 이니셔티브를 식별하고 추구하며 이를 미국 국가 안보를 위한 중요하고 새로운 판도를 바꾸는 기술 개발 수행
정보혁신실(I2O)	• 획기적 과학 창출 및 정보·컴퓨팅 영역에서의 혁신적인 역량 개발 수행
마이크로시스템즈 기술 사무소(MTO)	• 지휘, 통제, 통신, 컴퓨팅, 정보, 감시 및 정찰, 전자전 분야에서 미국의 우위 보장을 우한 고성능 지능형 마이크로시스템과 차세대 구성 요소 개발 수행
전략기술실(STO)	• 모든 물리적 영역(공중, 우주, 바다 및 육지)과 경쟁 스펙트럼 전반에서 승리할 수 있는 신뢰할 수 있고 파괴적인 역량 개발 수행
전술기술사무국(TTO)	• 지상 시스템, 해양(수상 및 해저) 시스템, 항공 시스템 및 우주 시스템에서의 고위험-고수익 연구개발 수행

❍ (운영 전략) 연구개발 성공 시 전체 국방 능력에 엄청난 성과를 가져오나 기술적 실패 위험 또한 매우 높아 기존의 연구조직들이 회피하는 영역인 ‘DARAP-hard niche’에 초점

<표 3-41> 미국 DARPA 운영 전략

DARPA-hard niche		
	구분	주요 내용
	고위험 고성과 (High Risk, High Payoff)	• 실패의 위험이 크지만 성공 시 성과가 매우 큰 사업
	혁신적인 아이디어 (Innovative Ideas)	• 통상적인 기술개발이 아니라 Breakthrough와 근본적인 개념사의 변화를 이끌 수 있는 혁신적인 아이디어를 구현할 수 있는 프로그램
	가교기술 (Bridge the gap between long-term basic research and short-term R&D)	• 장기적인 기초연구와 단기의 개발수요 간의 간극을 연결해 줄 수 있는 중장기의 기반 기술 연구 프로그램

- 또한, DARPA 모델의 운영의 특징으로 ①위원회 평가(Peer Rewiew) 절차 거부 및 PM의 과제기획 및 평가 권한 집중, ②적극적인 인재 영입, ③PM과 프로그램의 한시성, ④강력한 기관 독립성이 존재

❍ (PM제도) DARPA의 핵심 성공요인이자 타 기관과 뚜렷이 차별화되는 운영 방식으로 아이디어 발굴 및 프로그램 기획 주도, 평가팀 구성, Go/No-Go Review 총괄 등 효과적 역할 수행을 뒷받침하는 권한 부여

- (기획) DARPA는 국방부 및 미군의 수요를 토대로 ‘DARPA-hard’ 문제 정의(Top-down)와 정의된 문제 해결을 위한 아이디어 발굴(Bottom-up) 방식으로 기획 수행

- (선정) PM은 모든 평가 보고서가 완전하고 충실하다고 판단되면 자신의 프로그램 목표를 가장 잘 충족시키는 제안서 선택을 위한 평가보고서 검토 착수

- (관리) 매월 프로젝트별 기술 평가, 연 2회 프로그램 차원 통합 평가, 각 단계(Phase) Go/No-Go 별로 평가 실시

❑ 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

- DARPA의 사업 공고는 BAA, RA, RFP, SBIR, STTR 등으로 구분되며 사업 추진 절차는 프로그램 기획 → 공고 → 평가 → 선정·협약 → Go/No-Go 평가 순

➟ 선정·협약 시 지원 수단 및 지원 조건을 협상하고 과업 내용에 대해 검토하는 informal feedback session을 개최

<표 3-42> DARPA 사업 공고의 종류 및 목적

종류		목적
BAA	Broad Agency Announcement	• 기초 및 응용연구 지원 • 제안서들 간에 상이한 과학적·기술적 접근 예상 시 • DARPA가 가장 많이 활용하는 사업추진 방식
RA	Research Announcemen	• BAA와 유사. 지원수단 일부 차이(procurement 불가)
RFP	Request for Proposa	• 구체적인 시스템 또는 하드웨어 솔루션 개발
SBIR	Small Business Innovation Research	• 중소기업의 연방정부 지원 R&D 활동 참여기회 제공
STTR	Small Business Technology Transfer	• 중소기업과 연구기관 간 아이디어·기술 협력 촉진
기타	other DARPA-sponsored solicitations	

<표 3-43> DARPA의 BAA 방식 단계별 주요 내용

단계	주요내용	담당
프로그램기획	• 아이디어 발굴: 국방부 수요, RFI, 워크숍, Seeding, 현장방문, DARPA Challenge 등 • 프로그램 초안 도출 및 관련부서 협의 • Tech, Council 자문 • 프로그램 확정	• PM • PM, 관련 부서 • Tech. Council • 국장
공고 · 소통	• BAA(안) 작성 • BAA(안) 검토 • BAA(안) 승인/BAA 게시 • Proposers Day 개최 • Open Discourse(접수 전 잠재적 제안자와 소통)	• PM • PM, CO, GC • CMO실장/CO • PM • PM
평가(SR)	• 평가팀(Scientific Review team)구성 • 평가팀 킥오프회의 개최 • 예비제안서(Preproposal) 적합성 검토/결과통보 • 예비제안서 평가/결과 통보 • 제안서접수(1차, 최종)/Restricted interation(제안자 소통) • 적합성 검토/결과 통보 • 평가(Scientific Review)	• PM • PM, CO, GE • CO/CO • 평가팀/PM • 접수처/CO • CO/CO • 평가팀
선정 · 협약	• 평가결과 취합 및 PM 검토 • 리뷰어 재협의(평가결과 미동의 시) 및 선정(안) 추천 • SRO 검토 및 승인(Concurrence) 여부 판단 • 결과 통보(선정 또는 탈락/부분선정) • 지원수단 및 지원조건 협상 • Informal Feedback Session 개최 • 분기별 평가과정 점검(평가패키지 무작위 선택)	• PM • PM • SRO • PM/CO • CO • PM • 부국장
Go/No-Go 평가	• 매월 재무 및 기술리포트 제출 • 매월 진도점검회의 • 프로그램단위 통합 점검회의 • Go/No-Go Review : 다음 단계(phase) 지원 여부 결정	• 수행기관→PM • PM • PM, 실장 • PM, 지도부

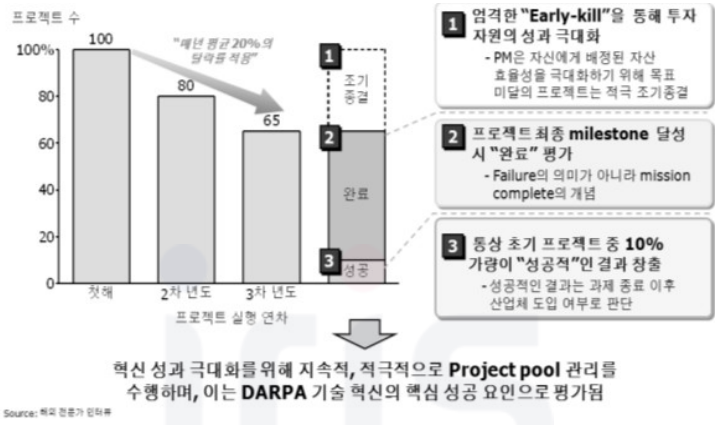
❍ 자율과 책임의 원칙에 따른 평가관리를 통해 연구 몰입환경을 조성하고 성과를 극대화하기 위하여 경쟁형 R&D를 도입・운영

- 거점별 매년 수행 및 운영 결과를 검토받아 목표 등 마일스톤을 조정하고 평가를 통한 재협약 진행, 또한 참여기업(sponsor)은 센터별로 진행되는 분기별 진도 점검에 참여하여 의견을 전달하고 결과물로 재이전이 불가한 통상 실시권을 부여

- 수행 프로젝트의 경쟁 촉진을 통한 성과 극대화를 위해 매년 평균 20% 규모 중간 탈락 제도 시행를 시행하며 최종 10% 정도가 성공적 결과 창출

➟ 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



<그림 3-6> DARPA의 Project pool 관리방식

❍ DARPA는 미국의 동맹국들과 전략적인 파트너십을 구축하여 국제적 차원의 혁신 기술개발을 추진하며, 산・학・연과의 긴밀한 협력을 통한 연구개발과 성과의 실용화・상업화 촉진을 수행

- 전세계의 연구기관, 대학, 기업 등과의 협력으로 광범위한 네트워크 구축 및 활용을 통한 연구 프로그램 개발과 우수한 해외 연구자들과의 협력 촉진

❑ DARPA의 대표적인 성과 기술로 인터넷, 위성항법장치, 음성인식 기술, 자율주행 자동차, 스텔스 기술 등이 있으며, '24년 첨단 기술 분야를 중심으로 다양한 프로그램을 추진 중

❍ '24년 4월, '22년 12월 ACE 프로그램의 AI 전투기 조종과 관련한 시연을 수행하였으며 RACER 프로그램을 2단계 연구로 확장하는 등 혁신을 위한 프로그램을 지속 추진

➟ '20년 추진한 만타 레이(Manta Ray) 프로젝트는 '24년 수중 테스트를 완료하여 초대형 UVV에 대한 최초의 기능을 선보였으며, 다음 단계를 위한 새로운 테스트를 수행 예정

<표 3-44> 미국 DARPA 추진 프로그램(2024년 4월 기준)

구분	주요 내용	
생물학 기술 사무소(BTO)	• 환경 준비를 위한 고급 적응 및 보호 도구(ADAPTER) • 첨단 플랜트 기술(APT) • 전장 치료용 마취제(ABC) • 아카디아(Arcadia) • 면역 기억 평가(AIM) • 가혹한 지역이나 원격 지역에서 미생물 보존 보장(AMPHORA) • 오래된 콘크리트 건물의 생체모방 복원(BRACE) • 조직 재생을 위한 생체전자공학(BETR) • 생물학적 해저 에너지(BLUE) • 바이오제조: 지구 너머의 생존, 유용성 및 신뢰성(B-SURE) • 바이오스타시스(Biostasis) • 격차 해소 플러스(BG+) • 케레스(Ceres) • 기초(Cornerstone) • 풍부(Cornucopia) • DARPA 분류 챌린지(DTC) • 유전자 편집 기술(DIGET)로 검출 • 생명공학 자원으로서의 환경 미생물(EMBER) • 후성유전학적 특성화 및 관찰(ECHO) • 민첩한 의약품 제조를 위한 자격 프로세스 구축(EQUIP-A-Pharma) • FSHARP(생체 인공 소생 제품)를 사용한 출혈에 대한 필드 가능한 솔루션	• 집중 제약(Focused Pharma) • 친구인가 적인가(Friend or Foe) • GOLDEN HOUR 연장 대피(GOLDEVAC) • 손 고유감각 및 터치 인터페이스(HAPTIX) • 생명을 구하는 치료법(HEALR)을 위한 효소 활동 활용 • 추운 환경을 위한 얼음 제어(ICE) • 간섭 및 공동 진화 예방 및 치료(INTERCEPT) • 생물학적 적성 측정(MBA) • 신경공학 시스템 설계(NESD) • 차세대 비수술 신경기술 • 핵산 온디맨드 월드와이드(NOW) • 만병 통치약(Panacea) • 팬데믹 예방 플랫폼(P3) • 영구 수중 생물 센서(PALS) • 개인화된 보호 생물체계(PPB) • 보호 대립유전자 및 반응 요소의 선제적 발현(PREPARE) • 재방어(Reefense) • 단백질 제조 재구상(RPM) • 의료 관찰을 통한 트라우마 연구 인프라(RITMO) • 자원(ReSource) • 스마트 비침습적 생리학 분석(SNAP) • 위치 파악 및 소독을 위한 합성 혈액 기술(SHIELD) • 텔루스(Tellus) • 국방을 위한 폐기물 재활용(WUD)
국방과학실 (DSO)	• 조정 가능한 광학 재료(ATOM) 발견 가속화 • 고급 개념 ACCEL(소형 전자 선형 가속기) • AI 지원 기후 티핑 포인트 모델링(ACTM) • 센서로서의 대기(AtmoSense) • 대기수 추출(AWE) • 구조물의 유체역학 및 공기역학 변경(CHAOS) • 드래그 감소 설계 형상(DRAG) • 안경 형태의 향상된 야간 투시경(ENVision) • 에너지 복원력 및 안정화를 위한 원정적 탄소 활용(ExCURSion) • 식품 시스템을 위한 기본 보안(FS2) • 아비투스(Habitus) • 순간(ITM) • 보이지 않는 헤드라이트(Invisible Headlights) • 규모와 속도에 따른 지식 관리(KMASS) • Levitated and Trapped Accurate MicroSystems(LeviTAS) • 극초음속을 위한 재료 아키텍처 및 특성화(MACH)	• 감지, 분석 및 계산을 위한 NanoWatt 플랫폼(NaPSAC) • 신경 증거 수집 도구(NEAT) • 새로운 궤도 및 달 제조, 재료 및 대량 효율적인 설계(NOM4D) • ONISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum Devices)를 이용한 최적화 • OpTIm(광기계 열화상 이미징) • 광자 효율적인 나노스케일 광학 계측(PhENOM) • 해저 자기유체역학 펌프(PUMP)의 원리 • 신속한 안구 운동 회복 및 수면 유래 외상 적응 강화(REM REST) • 합리적인 에너지 통합 설계(RIDE) • 폐기 시점 재활용(RPOD) • 견고한 광클럭 네트워크(ROCkN) • 신기술을 위한 원자 증기 과학(SAVaNT) • 우주환경 활용(SEE) • 스핀 제어 화학 공정 공학(SCOPE) • 공학적 신경가소성(STRENGTHEN)을 통해

구분	주요 내용	
	• 알고리즘 및 아키텍처 발견을 위한 수학(DIAL) • 측정 기반 양자 정보 및 변환(MeasQuIT) • 기계적으로 연동된 재료(MIM) • 형태발생 인터페이스(MINT) • 합금 구조(금속)의 다목적 엔지니어링 및 테스트(METALS) • 과학 및 보안을 위한 뮤온(MuS2)	탄력적인 감정과 민첩한 인지력 강화 • 비접촉 센서 임베딩(SENSE)을 통한 구조 평가 • 내구성 보장(SURGE)을 위해 고유하게 해결된 구조 • 합성 양자 나노구조(SynQuaNon) • 저고도 우주 작전을 위한 추진기 발전(TALOS) • 천정(Zenith)
정보혁신실(I2O)	• 보장된 자율성 • AMP(보증된 마이크로패칭) • 보장된 신경 기호 학습 및 추론(ANSR) • ARCOS(자동신속소프트웨어인증) • 과학 지식 추출 및 모델링 자동화(ASKEM) • 비즈니스 프로세스 로직(BPL) • 복잡한 운영환경의 인과탐색(Causal Exploration) • 시민 보호구역(Civil Sanctuary) • 구획화 및 권한 관리(CPM) • 컴퓨팅 문화 이해(CCU) • AI 지원을 통한 중요 광물 평가(CriticalMAAS) • 보안 테스트 및 학습 환경을 위한 사이버 에이전트(CASTLE) • 대규모 사이버 사냥(CHASE) • 데이터 기반 모델 검색(D3M) • 시스템 정보의 일관성 보장(ECoSystemic) • 환경 중심 개념 학습(ECOLE) • 인간-AI 팀(EMHAT) 탐색 모델 • FastNIC(고속 네트워크 인터페이스 카드) • 과학적 발견을 위한 기초 모델(FoundSci) • 대화 거래의 책임에 대한 마찰(FACT) • 기반 인공지능 언어 습득(GAILA) • GARD(기만에 대한 AI 견고성 보장) • Emergent Execution Engine에 대한 개발 툴체인 강화(HARDEN) • 사이버 적대 시스템 대응을 위한 자율성 활용(HACCS) • 오픈소스 코드 무결성을 보호하는 하이브리드 AI(SocialCyber) • 캠페인 인식 및 센스메이킹에 영향(INCAS) • 보안을 위한 지능형 도구 생성(INGOTS)	• 의도 정의 적응형 소프트웨어(IDAS) • 내재적 인지 보안(ICS) • 지식 중심 인공지능 스키마 추론(KAIROS) • 학습 내성 제어(LINC) • 기계 상식(MCS) • 정보 통제 환경(MICE) 측정 • MAA(적대적 활동 모델링) • MIP(영향 경로 모델링) • 개방형, 프로그래밍 가능, 보안 5G(OPS-5G) • 지각 기반 작업 지침(PTG) • 견고한 시스템을 구현하는 검증기의 파이프라인 추론(PROVERS) • 소프트웨어에 대한 증명 엔지니어링, 적응, 수리 및 학습(PEARLS) • 양자 증강 네트워크(QuANET) • REPO(확률적 조직의 엔트로피 감소) • 모두를 위한 탄력적인 익명 커뮤니케이션(RACE) • 탄력적인 공급 및 수요 네트워크(RSDN) • 속임수의 역공학(RED) • 안전한 문서(SafeDocs) • 탐조등(Searchlight) • 암호화된 검증 및 평가를 위한 정보 보안(SIEVE) • 의미론적 포렌식(SemaFor) • 운영 지식 및 환경을 활용한 서명 관리(SMOKE) • 사이버 물리 시스템을 위한 공생 설계 • 부정확하고 추상적인 모델을 자율 기술로 전환 • 대규모 레거시 소프트웨어(V-SPELLS)의 검증된 보안 및 성능 향상 • 건강을 위한 스마트폰을 사용한 전투원 분석(WASH) • 세계 모델러(World Modelers)
마이크로시스템즈 기술 사무소(MTO)	• 지구 자연 지형의 생물학적 이미징을 위한 원자 자력계(AMBIENT) • 원자-광자 통합(A-Phl) • AISS(Secure Silicon) 자동 구현 • 공통 이기종 통합 및 IP 재사용 전략(CHIPS) • ElEment 수준의 COmpact 프런트엔드 필터(COFFEE)	• 자기 고온 센서(MagHITS) • M3IC(자기 소형화 및 모놀리식 통합 부품) • 대규모 상호 상관(MAX) • 밀리미터파 디지털 어레이(MIDAS) • 밀리미터파 GaN 성숙(MGM) • 모듈식 효율적인 레이저 기술(MELT) • 모듈형 광학 조리개 빌딩 블록(MOABB)

구분	주요 내용	
	• 가상 환경에서의 데이터 보호(DPRIIVE) • DRBE(디지털 RF 전투 공간 에뮬레이터) • 직접 온칩 디지털 광합성기(DODOS) • DSSoC(도메인별 시스템 온 칩) • 동적 범위 강화 전자 및 재료(DREAM) • G-밴드 어레이용 전자 장치(ELGAR) • FENCE(Fast Event-based Neuromorphic Camera and Electronics) • 곡선형 적외선 이미저(FOCII)용 초점 배열 • Novel Compute(FRNC)에 필요한 기초 • 저잡음용 광 발진기로 RF 생성(GRYPHON) • 물리적 보안을 위한 보장된 아키텍처(GAPS) • H6 • 이종 이종구조(H2) • 계층적 식별 확인 공격(HIVE) • HAVOC(오버매치 기능)을 위해 진공 전자 장치를 사용하는 고출력 증폭기 • 전자 자산의 지능형 설계(IDEA) • 공동 대학 마이크로일렉트로닉스 프로그램(JUMP) • 점프 2.0 • LUMOS(Universal Microscale Optical Systems)용 레이저 • 저온 논리 기술(LTLT) • 마카로니	• 극도의 확장성을 위한 패키지의 포토닉스(PIPES) • 포쉬 오픈 소스 하드웨어(POSH) • 군수품을 위한 정밀하고 견고한 관성 유도 장치(PRIGM) • 광대역 스펙트럼 감지(PROWESS)를 위한 프로세서 재구성 • 양자 조리개(QA) • 양자 벤치마킹(QB) • 벡터 전자기 방사선의 양자 이미징(QuIVER) • RFMLS(무선 주파수 기계 학습 시스템) • 실시간 기계 학습(RTML) • 재구성 가능한 이미징(Relmagine) • 소프트웨어 정의 하드웨어(SDH) • SOAR(조정 가능한 광학 조리개 수신기) • 하드웨어 및 펌웨어를 통한 시스템 보안 통합(SSITH) • 혼합 모드 초규모 집적 회로(T-MUSIC) 기술 • 3차원 모놀리식 시스템 온 칩(3DSoC) • 진행파 에너지 강화 장치(TWEED) • 유틸리티 규모 양자 컴퓨팅(US2QC)을 위한 미개발 시스템 • 파형 민첩한 무선 주파수 지향 에너지(WARDEN) • 광대역 적응형 RF 보호(WARP)
전략기술실 (STO)	• 10년간 달 아키텍처 역량 연구(LunA-10) • 공중전 진화(ACE) • 군사작전가치에 따른 자율성 표준 및 이상(ASIMOV) • 선형 처리를 넘어서(BLiP) • 운영을 위한 소통 채널 생성(GeCCO)	• 사냥꾼(Hunter) • MINC(임무 통합 네트워크 제어) • 위자(Ouija) • 우주 기반 적응형 통신 노드(Space-BACN) • 우주 영역 광역 추적 및 특성화(Space-WATCH) • 해양 참여를 위한 적시 정보(TIMEly)
전술기술 사무국(TTO)	• 첨단 항공기 인프라가 필요 없는 발사 및 복구(ANCILLARY) • AFRE(고급 풀레인지 엔진) • 승무원 노동 조종석 내 자동화 시스템(ALIAS) • 곤봉(Blackjack) • 차지 하모니(Charge Harmony) • 새로운 이펙터(CRANE)를 이용한 혁신적인 항공기 제어 • 민첩한 Cislunar Operations(DRACO)을 위한 데모 로켓 • 초반 첫 수(Gambit) • 글라이드 브레이커(Glide Breaker) • 극초음속 공기호흡무기 개념(HAWC) • 리버티 리프터(Liberty Lifter) • 장거리 슛(LongShot) • 만타 레이(Manta Ray) • 기동부대 방호(MFP)	• 다중 방위각 방어 고속 요격 라운드 교전 시스템(MAD-FIRES) • 무승무선(NOMARS) • 공격적인 무리 지원 전술(OFFSET) • 작전 화재(OpFires) • 감시(Oversight) • 힘(POWER) • 알넷(RNET) • 탄력성을 갖춘 복잡한 환경에서의 로봇 자율성(RACER) • 정지위성(RSGS)의 로봇 서비스 • 바다열차(Sea Train) • 시리즈 하이브리드 전기 추진 AiRcraft 시연(SHEPARD) • 속도 및 활주로 독립 기술(SPRINT) • 전술 부스트 글라이드(TBG) • 감독 자율성(URSA)을 통한 도시 정찰

* 출처: https://www.darpa.mil/our-research

(2) (안보) HSARPA

❑ 미국 정부는 테러 및 국가재난 사태를 방지하고 보다 효과적인 대처 기술개발에 대한 지원을 위하여 HSARPA을 출범('02)

❍ 산·학 협력을 통하여 혁신적인 연구개발 프로젝트를 수행하고 중대한 국가 인프라 보호에 기여하는 것을 목적으로 DARPA 모델을 기반 혁신적인 변화를 촉구하는 프로그램에 투자·지원

- 국토안보부(DHS)와 국토안보기업(HSE)에 사용가능하고 확장가능하며 비용효율적인 임무 중심적 기능 제공을 수행

➟ 6~24개월 이내 연구개발을 통해 성과가 도출될 수 있는 현실적인 아이디어를 중심으로 지원을 수행하며 기술, 새로운 역량, 위협 및 위험 평가의 혁명적인 변화를 촉구할 최첨단 연구를 지원

<표 3-45> 미국 HSARPA의 주요 부서 및 기능

구분	주요 내용
Borders and Maritime Security Division	• 밀수품, 범죄자, 테러리스트가 미국으로 입국하는 것을 방지하고 상업과 방문객의 합법적인 흐름을 허용
Chemical and Biological Defense Division	• 잠재적인 생물학적 또는 화학적 사건을 감지, 보호, 대응 및 복구
Cyber Security Division	• 안전하고 보안이 유지되며 복원력이 뛰어난 사이버 환경을 조성
Explosives Division	• 사람과 인프라에 대한 비핵 폭발물 공격을 탐지, 예방 및 완화
Program Executive Office Unmanned Aerial Systems	• SUAS 사용을 위한 기술 솔루션을 안내, 평가, 조언 및 활성화하고 국내에서 SUAS 오용에 대응하기 위한 국가적 노력을 지원
Science & Technology Engines	• 맞춤형 솔루션, 모범 사례, 주제 전문 지식 및 지식 제품을 통해 모든 Apex 프로그램 및 기타 프로그램에 서비스를 제공
Integrated Product Teams	• 역량 격차를 파악하고 이러한 격차를 해소하고 구성요소의 과제를 해결하는 실행 가능한 기술 제공

* 출처: https://www.dhs.gov/science-and-technology/about-hsarpa

(3) (정보) IARPA

❑ 미국은 글로벌 주도권 및 핵심 전략자산을 보호하기 위하여 정보공동체(IC)를 구성하였으며, IC에게 정보기술을 제공하기 위해 IARPA 설립('06)

❍ 고위험-고수익의 도전적인 연구개발 수행으로 자국 내 정보 역량을 향상하고 혁신적인 기술 제공을 위한 지식정보 관련 첨단 과학연구 및 예산 지원을 수행

- DARPA 모델을 기반으로 국가 안보와 관련 지식정보 개발·지원을 수행하며 기술적 수월성과 기술적 진실을 강조하는 고위험-고수익 연구 프로그램을 추진
- (연구 범위) 인공지능, 양자 컴퓨팅, 기계 학습 및 합성 생물학을 포함하는 4가지의 연구 분야*를 지원
  * 연구 분야: 수집(Collection), 컴퓨팅(Computing), 분석(Analysis), 예측 정보(Anticipatory Intellihence)
- (PM 제도) 일반적인 IARPA 프로그램 기간(3~5년) 동안 도전적이고 새로운 개념 개발을 위한 목표·목표식별 및 장·단기 마일스톤 지정 등 프로그램 전 과정에 대한 계획·관리 수행

➟ 하일마이어 프레임워크에 따라 체계적으로 PM의 아이디어 파악 및 프로그램 수행

<표 3-46> 하일마이어 문답

The Heilmeier Questions
• 무엇을 하려고 하시나요? (What are you trying to do?) • 현재 이 일이 어떻게 이루어지나요? 누가 하는가? 현재 접근 방식의 한계는 무엇입니까? (How does this get done at present? Who does it? What are the limitations of present approaches?) - 최신 기술을 알고 있고 모든 옵션을 철저하게 고려하셨나요? (Are you aware of the state-of-the-art and have you thoroughly thought through all the options?) • 귀하의 접근 방식에서 새로운 점은 무엇입니까? 당신은 왜 지금 이 순간에 성공할 수 있다고 생각하는가? (What is new about your approach? Why do you think you can be successful at this time?) - 1번과 2번에 대해 명확한 답변을 제공했다면 설득력 있는 옵션을 만들었나요? (Given that you've provided clear answers to 1 & 2, have you created a compelling option?) - 귀하의 접근 방식에 대한 1차 분석을 통해 무엇을 알 수 있습니까? (What does first-order analysis of your approach reveal?) • 성공한다면 어떤 변화가 생길까요? (If you succeed, what difference will it make?) - 우리는 왜 관심을 가져야 합니까? (Why should we care?) • 얼마나 걸릴까요? 비용은 얼마나 들까요? 중간고사와 기말고사는 어떻게 되나요? (How long will it take? How much will it cost? What are your mid-term and final exams?) - 프로그램 계획은 무엇입니까? 진행 상황을 어떻게 측정할 예정인가요? 귀하의 이정표/지표는 무엇입니까? 당신의 전환 전략은 무엇입니까? (What is your program plan? How will you measure progress? What are your milestones/metrics? What is your transition strategy?)

(4) (에너지) ARPA-E

❑ ARPA-E는 DARPA 모델을 기반으로 에너지부(DOE) 내 에너지를 생산·저장·활용하는 방법을 획기적으로 개선 시킬 고위험, 고수익의 에너지 기술 연구 개발을 지원하는 목적으로 신설('07)

❍ '09년부터 ARPA-E는 잠재적으로 변혁적인 에너지 기술 프로젝트에 약 37억 6천만 달러를 투자하였으며, 민간 부문 후속 자금으로 121억 달러 이상을 모금하여 기술 시장 발전을 촉진

- '24년 4억 6000만 달러의 예산으로 약 51개의 프로그램을 통하여 에너지 혁신을 지원

➡ '23년 최초의 국제 하이브리드 전기 비행 테스트베드를 개발하였으며, 미국 최초의 상업용 직접 공기 포집(DAC) 시설을 공개하는 등 현재까지 405개의 기술 라이센스를 발급

❍ 미국의 에너지 수입을 10년 간 20%까지 감소시키기 위한 파괴적이고 혁신적(Disruptive & Innovative)인 에너지 기술 및 정책 개발을 목적으로 추진

- 에너지 수입 의존 저감 기술, 온실가스 배출 감축 기술, 에너지 효율 향상 기술, 미국의 리더십을 유지하는 첨단 에너지 기술개발 등 변환적 에너지기술(Transformational Energy Technologies) 개발을 임무로 추진

<표 3-47> ARPA-E의 지향 가치

지향 가치	내용
Breakthrough Technology	• 현재 존재하지 않거나 현재 존재하지만 융합과 통섭을 통해 신기술로 거듭날 수 있는 혁신적 기술 지원
People	• 호기심이 왕성하고 연구의욕이 충만한 최고의 인재를 유입하여 창조적이며 변환적인 에너지 기술 연구를 추진
Additionality	• 추가 지원을 통해 큰 진전이 기대되고 미래의 성공에 초점을 맞춘 분야에 대해 지원
Impact	• 성공할 경우 국가에 많은 이득을 가져다 줄 수 있고, 대규모 상업화가 가능한 분야에 집

❍ ARPA-E는 기술적·재정적 이유로 산업계에서 수행하기 어려웠던 기술 발달 및 혁신을 촉진하기 위하여 수행되며, 학계와 산업계의 가교역할을 수행

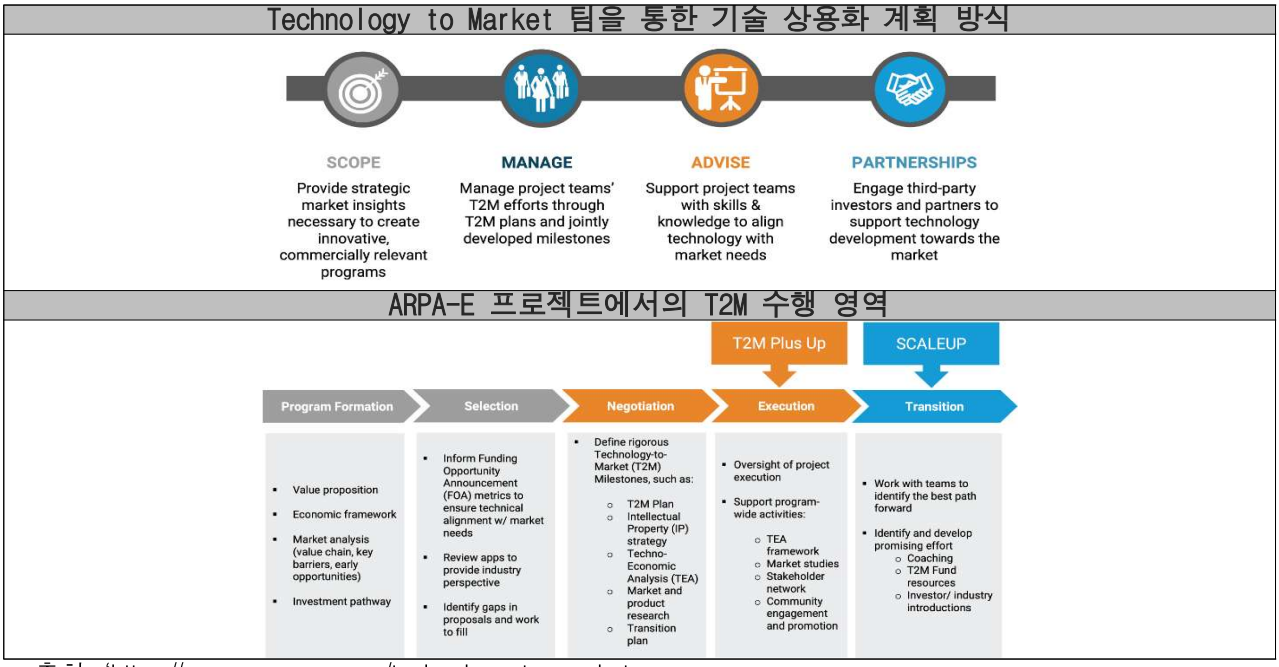
- (Technology to Market, T2M) T2M Advisors는 각 ARPA-E 프로젝트와 협력하여 해당 기술에 고유한 상용화 전략을 구축·실행하며, ARPA-E 프로젝트팀이 구축한 추진력을 지원하고 상용화 단계를 연계 수행

➡ T2M팀은 개발될 기술이 시장 요구에 부합하고 상용화될 수 있도록 하는 프로그램 제안 및 발표 등 지원

- (PD 제도) 프로그램 수립 및 관리에 자율성과 유연성이 부여되며 매년 PD를 중심으로 에너지 혁신 서밋(Energy Innovation Summit) 개최하여 기술 쇼케이스 등을 실시

- (진행 프로젝트) 특정 에너지 분야 기술개발을 추구하는 목표 지향적 프로그램과 에너지 기술 전 분야에 대한 높은 잠재력을 지닌 아이디어 제안을 통하여 연구개발 수행

<표 3-48> 미국 ARPA-E의 기술-시장(T2M)



* 출처: 'https://arpa-e.energy.gov/technology-to-market

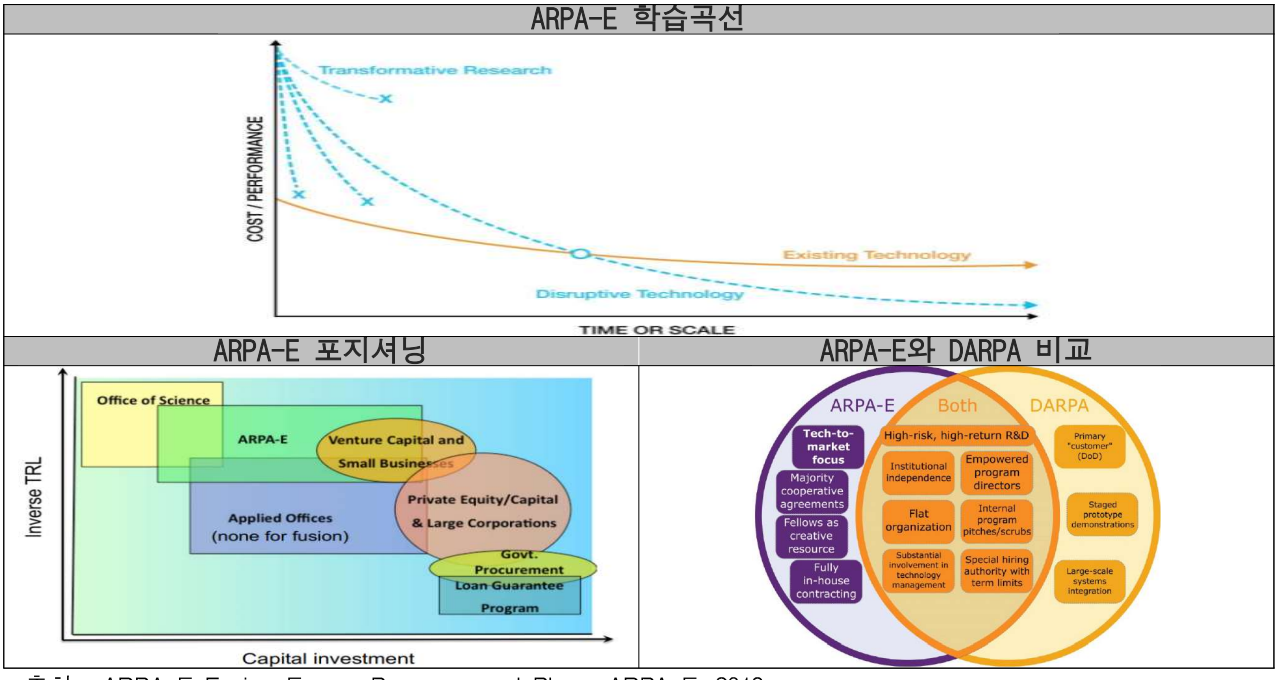
❑ ARPA-E는 개념증명과 기술개발 등 2가지 범주의 프로젝트를 지원

❍ ①새로운 기술 개념을 증명하거나 반증하기 위한 첫 번째 예비 데이터를 제공하기 위한 프로젝트와 ②아이디어에서 합의된 사양에서 작동하는 실험실 규모의 프로토타입에 이르기까지 기술을 개발하기 위한 프로젝트 등을 지원

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

➟ ARPA-E는 변혁적 기술 확보를 통해서 기존 학습 곡선에서 벗어난 새로운 학습 곡선을 창조하고자 함

<표 3-49> ARPA-E 특징

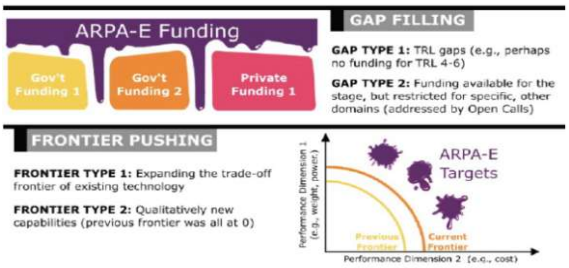


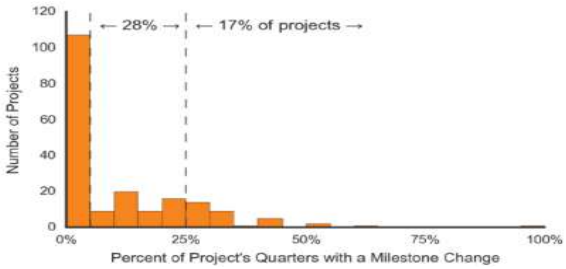
* 출처 : ARPA-E Fusion-Energy Programs and Plans, ARPA-E, 2019

❍ 연구 사이의 GAP과 경계선 확장을 위한 R&D 지원을 수행하며, 연구수행 중 새로운 마일스톤을 도입하거나 삭제하는 것이 가능

- 기초연구 분야와 상용화 사이에서의 격차를 해소할 수 있는 응용 R&D를 지원하고 민간이나 타 공공영역에서 다루지 않는 백색지대(white space)의 gap을 극복하기 위한 R&D 지원 수행 및 현재 가능한 기술 한계를 넘어서 기술역량을 확보할 수 있는 경계선 확장(Frontier Pushing)형 R&D 지원을 수행

➟ ARPA-E의 과제 수행 중 마일스톤 변경은 드물지 않게 일어나는 일이며, 그 중 28%는 드물게 변경하였으며, 17%는 자주 변경한 것으로 확인됨





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

<그림 3-7> ARPA-E 공백 전략 <그림 3-8> ARPA-E 마일스톤 변경

❍ ARPA-E는 Director에게 개방성과 권한을 부여할 수 있는 문화 조성을 통하여 지향하는 임무와 목표를 달성하고자 함

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

❍ ARPA-E는 엄격한 프로그램 설계, 경쟁력 있는 프로젝트 선정 프로세스와 적극적인 프로그램 관리를 통하여 혁신적인 성과 창출

- (Focused Program) 기술분야별로 개발 목표를 설정하고 이를 달성하기 위해 추진되는 Top-down식 공모 사업

- (The SCALEUP Program) 미개발 잠재력을 갖춘 선도적인 에너지 기술을 위한 핵심 발전 시딩 프로그램으로, 개념증명 프로토타입에서 상업적으로 확장 가능하고 배포 가능한 기술 버전으로 전환하고 민간 부문의 투자를 위한 유리한 위치에 있도록 돕는 것을 목적으로 프로그램 수행

- (Open Program) 특정한 주제를 정해두지 않고 연구자의 자유로운 제안을 심사하여 우수과제를 채택하여 지원하는 bottom-up형 포괄식 공모사업

➟ 각각 2009, 2012, 2015, 2018, 2021, 2023년 공모가 시행되었으며 출범 연도별 프로그램을 구분하여 운영·관리 수행

➟ SCALEUP 2023에서는 청정 에너지 기술 상용화를 위한 1억 달러 지원을 발표

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

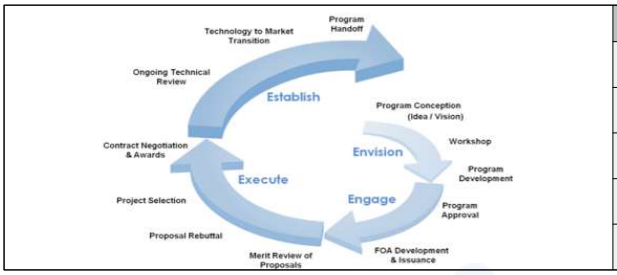
❍ (추진 프로세스) ARPA-E 프로그램은 기본적으로 5단계*를 통해서 개발되며 ARPA-E의 미션에 해당하는 테마를 PD 주도로 선정하고, 이에 적합한 프로젝트를 공고를 통해 접수·평가하여 선정

* 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

- 프로그램 선정 시 Staff 조직과 함께 연구개발 마일스톤과 목표 등을 정량적으로 제시하고, 예산, 방법 등을 협상하여 연구계획서를 재작성하는 SOPO negotiation 과정을 거침

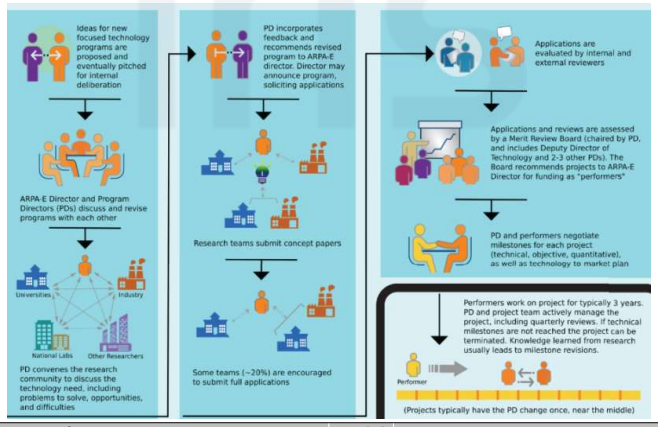
<표 3-50> ARPA-E 프로그램 개발 및 실행 프로세스 및 추진 단계



단계	주요 내용
Envision	• 프로그램의 개념(idea/vision) 정립
Engage	• 워크숍, FOA 개발 등을 통해 개념 정밀화
Evaluate	• 정식제안, 반박 토론 등
Establish	• 프로젝트 선정 및 계약협상 등
Execute	• 최종집행

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

<표 3-51> 프로그램 생성, 프로젝트 선택 및 수행자 관리를 위한 ARPA-E의 내부 프로세스



구분	주요 내용	구분	주요 내용
1	• 신규 기술에 대한 아이디어 제안→ 내부 심의를 위해 피칭	6	• 20% 내외 팀에 대해서 전체 제안서를 제출하도록 권장
2	• ARPA-E Director 및 PD들이 프로그램을 논의 및 수정	7	• 내외부 검토자의 제안서 평가
3	• PD는 커뮤니티를 통해 해결 문제 및 어려움 등 기술적 요구 사항을 논의	8	• 지원서 평가는 우수 심사위원회에서 평가
4	• PD는 피드백 통합 후 ARPA-E Director에 수정된 프로그램을 권장, Director는 프로그램 발표 및 지원 요청 수행	9	• PD와 수행자는 각 프로제트에 대한 기술적/목표적/정량적 마일스톤과 상용화 계획을 협의
5	• 연구팀의 컨셉 페이퍼 제출	10	• 3년간 프로젝트를 추진하고 PD는 분기별 검토를 포함하여 적극적으로 관리 수행

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

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

<표 3-52> ARPA-E 평가 지표 및 배분

지표	내용	배분
제안된 기술이 현재 기술 수준에 미치는 영향	• 아이디어가 잠재적으로 혁신적이고 파괴적일 수 있는 정도 • 최신 기술 상태에 대한 깊은 이해 및 이를 크게 개선하기 위한 혁신적인 접근 방식 • 경쟁하는 상업 및 신흥 기술에 대한 인식 및 아이디어가 이러한 기술에 대해 어떻게 상당한 개선을 가져올 것인지 여부 • 새로운 기술을 실험실에서 상업적 배포로 전환하기 위한 "합리적이고 효과적인 전략"	30%
전반적인 과학적 및 기술적 장점	• 독특하고 혁신적 아이디어 • 명확하게 정의된 결과 및 결과물 • 예비 데이터, 배경 정보 및/또는 건전한 과학 및 공학 관행 및 원칙에 기반한 제안된 작업의 타당성 • 적절하게 정의된 기술 작업을 포함한 건전한 기술 접근 방식 • 중요 기술 R&D 위험 및 실현 가능하고 효과적인 위험 완화 전략의 식별	30%
팀의 자격, 경험 및 능력	• 유사한 위험과 복잡성을 지닌 R&D에 대한 사전 경험 기반하여 프로젝트 계획을 실행하는 데 필요한 기술과 전문성 • 계획을 실행하는 데 필요한 장비 및 시설에 대한 접근	30%
관리 계획	• 사람과 자원을 관리하기 위한 계획 • 작업에 적절한 수준의 노력과 자원의 할당 • 주요 마일스톤를 포함한 합리적인 ARPA-E 프로젝트 일정 • 작업에 대한 예산의 적절성	10%

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

❍ '24년 지속 가능한 미래를 위한 기술 혁신을 주도하기 위한 프로그램 지속 추진

<표 3-53> '24년 시설된 미국 ARPA-E 추진 프로그램(2024년 4월 기준)

구분	주요 내용
CHADWICK	• 중앙화된 지식을 통합하여 견고하고 내구성이 뛰어난 융합 우선 벽 만들기 -① 카테고리 A 프로젝트는 플라즈마 직면 구성 요소 재료를 대상 ② 카테고리 B 팀은 구조 재료를 검증 ③ 카테고리 C 프로젝트는 분석을 지원하고 카테고리 A 및/또는 B 팀의 최종 사용자와의 커뮤니케이션을 촉진
CIRCULAR	• 수명이 긴 첨단 충전식 배터리의 순환적 사용을 위한 혁신적 연구 촉진 -카테코기 A: 주로 서비스 수명 연장을 목적으로 배터리 셀 수준에서 구현할 수 있는 재료, 디자인 및 재생 전략 개발 추진 -카테고리 B: 새로운 재료, 디자인, 가역적 제조 기술은 물론 제조 가치를 회복하기 위한 빠르고 안전한 분해 방법을 포함하여 배터리 팩 수준의 혁신 -카테고리 C: 개별 셀의 상태, 관련 데이터 분석 및 배터리 인텔리전스 시스템을 모니터링하여 셀, 모듈 및 팩의 서비스 수명을 연장하고 개별 셀의 운명을 결정할 수 있는 고급 감지 기술의 개발 및 통합 추진 -카테고리 D: 기술의 채택을 지원하고 새로운 비즈니스 모델과 기회를 알리기 위해 프로그램 발전의 영향을 정량화할 수 있는 분석 도구에 중점

* 출처 : https://arpa-e.energy.gov/technologies/programs

❑ (PD의 임무) ARPA-E가 추구하는 연구는 기존 정부 R&D 또는 민간 R&D가 지원하지 못한 공백 영역이거나 프론티어를 확장하는 연구이며, 이 중 공백의 식별은 PD의 임무

❍ 투자 공백 영역은 기술의 사업화의 특정 단계에 대한 지원 공백(TRL Gap)과 단계별 지원은 있으나 특정 세부 영역에 한정되어 발생하는 지원 공백으로 구분

❍ 프론티어 확장도 두 종류로 구분하여 프론티어를 구성하는 성과지표 간의 상충관계 조정과 본질적으로 다른 연구개발로 나뉨

- (① 프론티어를 구성하는 성과지표 간의 상충관계(trade-off)를 조정하는 형태) 성능은 뛰어난데 원가가 많이 드는 형태의 기술은 원가를 낮추는 기술개발이 프론티어 확장을 위한 연구개발이라 할 수 있음

- (② 본질적으로 다른 연구개발) 기존의 프론티어는 Level 0에 있는 것이라고 보며 이를 뛰어넘어서는 기술개발 수행

❍ 이때 PD는 공백의 식별을 위해 문헌 검토, 현장 방문, 전문가 인터뷰 등 다양한 방법을 동원하며, 이 과정은 통상 수개월이 소요되어 대략적인 프로그램의 윤곽을 잡는 초기 과정에 분야 내 전문가 30여 명과의 인터뷰 또는 회의가 필요

- 공식적인 RFI(Request for Information) 공지를 통해 프로그램에 대한 추가적인 자료와 정보를 폭넓은 관련 전문가에게 요청

  ➟ ARPA-E의 RFI에는 분야 내 연구자들이 굉장히 적극적으로 응답하는 것으로 확인

  ➟ RFI 단계와 이후의 워크샵 단계, 그리고 워크샵 이후 단계(post-workshop phase)를 거치며 PD가 국내외 전문가들과 진행한 outreach call (전화, zoom 미팅, 또는 방문 인터뷰)의 수는 전체적으로 ~200회에 달하는 것으로 확인됨

- (Technology Workshop 개최) PD가 초청한 전문가들을 대상으로 폐쇄적으로 진행하며 PD는 워크샵의 주요 내용만을 추려 이후 웹사이트 등에 공지

  ➟ 참여 독려를 위해 350명에게 이메일을 보내고 이 중 130명이 온라인 또는 오프라인으로 참석해 2일간 매우 집중적인 워크샵 진행

  ➟ 이렇게 수백 회의 outreach call과 수백 명과의 기술적인 워크샵을 거치게 되면 적어도 이 분야 내 전문가들의 주요 의견을 확인할 수 있게 되고, 공백 영역에 대한 파악에 보다 확신을 갖게 되며, 이러한 공백 영역과 지원 필요성 등에 대해 분야 내 전문가 커뮤니티의 컨센서스가 형성

- 프로그램 기획 측면에서는 이 워크샵을 통해 프로그램 성과지표(the program metrics)가 정의됨

  ➟ 프로그램 성과지표는 프로그램의 목표에 적합하고 기술적으로 명확한 지표로 설정 (예: 동일 산출 대비 CO2발생량 30% 감소)

❍ (Program Pitching) ARPA-E 내부 전문가와 동료 PD들에게 새로운 프로그램에 대한 발표를 하고 평가를 받는 것으로 새로운 프로그램이 추진되기 위해서는 반드시 이 내부 발표 평가(Program pitching)를 통과해야만 함

➟ PD간 차이는 있지만 이 발표 평가까지 통상 1~2년의 기간이 소요되는 것으로 확인

- 프로그램 제안 발표를 위해서는 ARPA-E가 제시하는 체크리스트를 모두 충족해야 하며, 이 체크리스트에는 과학적, 기술적 문제 정의는 물론 법적 부합성, 기타 DOE나 ARPA-E 다른 정책과의 부합성에 대한 질문이 포함

➟ 진행형태는 2시간 가량의 공개세션과 PD와 국장, 부국장들만 참여하는 30분 가량의 비공개 세션으로 구성(PD와의 인터뷰)

➟ 공개세션에는 T2M 및 법무행정 부서 등 모든 내부 구성원이 참여하며, 비공개세션은 동료 PD와 리더십만 참여

➟ 발표평가는 모든 ARPA-E PD가 참여하는 건설적인 대결 및 토론의 대상이 됨 (National Academies of Sciences, 2017)

<표 3-54> ARPA-E의 새로운 프로그램 발표 평가 체크리스트

구분	주요 내용
프로그램 기술 목표	• 과학, 기술, 시장, 플레이어 등 해당 분야의 글로벌 환경은 어떤가? • 성공한다면 프로그램이 기술적으로 구체적으로 무엇을 성취할 것인가? • 프로그램이 DOE 및 다른 정부기관들과 조정되었는가?
미션영향	• 이 프로그램의 성공이 ARPA-E의 어떤 미션을 성취하는가? • 기술이 널리 사용되어야 하는 기관의 사명: 새로운 것은 무엇이며 잠재적인 판도를 바꿀 수 있는 이유는 무엇인가? • 신기술은 기존 기술보다 정량적 지표에서 얼마나 더 나을 것인가?
기술적 접근	• 주요 기술적 과제는 무엇이며 이를 극복하기 위한 아이디어는 무엇인가?
전환	• 전환 전략(위험 프로필 및 기간)은 무엇인가? • 전환(정책, 시장)에 대한 비기술적 장벽은 무엇인가? • 기술의 비용과 규모가 확장되는가? • 이 기술을 흡수할 고객은 누구이며 잠재 플레이어는 누구인가?
프로그램 메트릭	• 이 프로그램의 지표, 이정표(단계목표) 및 일정은 무엇인가? • 프로그램 비용은 얼마이며 그 이유는 무엇인가?

* 출처 : ARPA-E(2017), National Academies of Sciences

❍ Program Pitching에서의 피드백이 반영되면 프로그램 신청서를 완성하고 이를 ARPA-E 국장이 승인하면 새 프로그램이 생성되어 FOA가 공개됨에 따라 제안 요청이 진행됨

❑ (ARPA-E 선정 절차와 평가 기준) ARPA-E는 제안요청서를(RFP)를 FOA(펀딩기회공지, Funding Opportunity Announcement)라 부름

❍ 공개적인 시스템(https://arpa-e.energy.gov/)에 공지된 FOA에는 선정 프로세스, 자금 지원 제한 및 기간, 성과 기대치 Merit Review Plan 등의 정보를 포함

- (Merit Review Plan, MRP) 일반적으로 프로젝트를 제안하고 이를 감독하는 PD가 의장을 맡으며 보드 멤버의 합의를 통해 최종 결정을 내리나 내외부 심사자의 수치 점수만에 의존하여 결정을 내리지는 않는 것으로 조사

  ➟ 특히, PD는 과제 선정에서도 막강한 재량권을 발휘하는데 프로그램 수준에서의 전략적 고려로 인해 특정한 프로젝트를 선정하거나 탈락시킬 수도 있음. 이러한 전략적 고려에는 프로그램에서 지향하는 연구개발에 대한 아젠다를 여러 부문에 확장시키고자 하는 의도가 포함되기도 함(ARPA-E PD와의 인터뷰). 또한, PD는 다른 여러가지 측면을 고려해 과제 선정 여부에 재량을 행사

❍ 모든 ARPA-E 심사자는 “이해충돌 증명서 및 비밀유지 동의서(Conflict-of-Interest Certification and Nondisclosure Agreement)”를 제출하고 이해충돌 여부에 대한 검토 과정을 통과해야 함

① 1단계: 개념제안서 단계(Concept Paper Phase): 검토 프로세스

- 지원자는 5~7페이지 분량의 개념제안서를 제출하여 외부 전문가들이 이 개념제안서를 평가

<표 3-55> ARPA-E 개념제안서 검토 프로세스

구분	주요 검토 사항
제안된 기술의 영향 (50%)	• 아이디어가 현재 기술에 대해 점진적인 발전이 아니라 혁신적이고 파괴적인 발전 가능성을 갖는 정도를 고려 • 아이디어가 관련 FOA에서 ARPA-E에 의해 설정된 임무 영역 중 적어도 하나에 긍정적인 영향을 미치는 정도 • 신청자가 경쟁하는 상업 기술 및 신흥 기술에 대한 인식을 입증하는 정도와 그 아이디어가 어떻게 상당한 개선을 가져올 수 있는지를 확인
전박적인 과학적 및 기술적 수월성 (50%)	• 제안된 작업의 타당성 • 신청자가 대안보다 우수한 "건전한 기술적 접근"을 제안하는 정도 • 제안된 작업의 정도를 고려. 결과 및 산출물의 명확한 정의 • 신청자가 관련 기술 경제적 과제를 식별하는 정도 • 수행자의 입증된 역량

* 출처 : ARPA-E(2017), National Academies of Sciences

- 담당 PD는 각 개념제안서에 대한 평가와 질적인 고려사항을 정리하여 Merit Review Board에 부의하여 MRB는 토론에 거쳐 최종 합격 목록 작성 수행

- 이후, ARPA-E 이사회의 승인을 거쳐 정식 연구지원신청서(full application) 작성 요청

  ➟ 접수된 개념제안서의 20% 정도만이 정식 연구지원신청서(full application)을 작성하도록 요청 받음

② 2단계 정식 연구지원신청서 단계(full application phase): 선택 기준 및 프로세스

- (연구지원신청서의 내용) ①개념제안서의 내용, ②과거부터 현재, 미래에 받게 될 자금 지원 내역, ③해당 연구에 자금지원을 받지 못했는지에 대한 소명 등이 연구지원신청의 주요 내용으로 확인됨

- (심사 프로세스) 신청서가 접수되면 PD를 포함하여 해당 분야 외부 심사위원(프로젝트당 통상 5명 이내이며, 프로그램 수준에서는 대략 20여명 정도)이 위촉되어 심사를 진행

➟ 이 과정에서 PD는 외부 평가자와 토론을 할 수도 있고, MRB는 외부평가자 의견에 대한 지원자의 반박 의견을 듣기도 함

③ 3단계. 검토자 의견에 회신

❍ 지원자에게는 검토자의 의견에 답변할 기회가 주어짐

- 신청자와 리뷰를 공유하지 않는 DARPA와 달리 ARPA-E는 최종 결정 전에 신청자에게 심사검토의견을 보내고 심사자의 의견에 대한 답변을 준비할 수 있는 기회를 제공

(5) (보건) ARPA-H

❑ 기존의 산·학 지원을 통해 달성하기 어려웠던 연구 활성화 및 혁신적인 기술 발전을 위한 건강 의학 분야 등의 투자를 수행하기 위하여 설립('22)

❍ (목적) 모든 사람을 위한 건강 솔루션을 제공하기 위해 분자에서 사회에 이르기까지 혁신적인 생물 의학 및 건강 혁신 지원 수행

<표 3-56> 미국 ARPA-H의 설립 목적

내용
• 보건의료 혁신의 신속한 적용과 이행으로 모든 환자들을 도움 • 분자과학부터 사회과학까지 보건의료 모든 분야를 혁신화 • 질병들의 예방, 치료 등을 위한 역량과 플랫폼의 구축 • 실용성에 의거한 실질적인 문제와 환자들을 위한 혁신적이고 보다 공평한 해결책을만들어낼 수 있는 연구를 지원 • 시간이 부족한 연구들을 다양한 접근 방식을 통해 정량화 가능한 빠르게 목표들을 달성 • Stage-gate 방법론을 활용하여, 정량화된 기준들을 만족하는 신뢰성 확보 • 상용화 실패에 따른 위험을 극복할 수 있는 핵심적인 해결책 또는 인센티브 마련 • DARPA 모델을 활용하여 보건과 의료를 위한 혁신적인 아이디어를 육성

❍ (목표) 기존 보건의료 연구의 한계* 및 학계와 산업계 간의 간극을 효과적으로 메우고 혁신적인 연구 환경 육성을 위하여 ARPA-H 수행

* (기존 보건의료 연구의 한계) ①실패의 위험성, ②막대한 개발 비용, ③긴 개발 기간, ④복잡한 협업 필요, ⑤소규모의 시장, ⑥광범위한 연구 영역으로 수익 규모 판별 불가능 등

❍ DARPA 모델을 벤치마킹하여 국립보건원(NIH) 산하에 신설되었으며, PM이 고난이도 프로그램에 대한 기한 설정과 모니터링 관리를 수행

- (추진 프로젝트) '23년 ARPA-H는 'Open BAA'를 통한 첫 번째 지원 과제로 mRAN 플랫폼을 통해 우리 면역체계가 암 및 기타 질병과 더 잘 싸울 수 있도록 면역체계를 훈련시키는 것을 목표로 하는 프로젝트인 'CUREIT'를 선정하여 2,400만 달러를 지원

<표 3-57> 미국 ARPA-H 추진 프로그램

구분	프로그램 내용
ADAPT	• 정밀 암 치료를 위한 고급 분석
APECx	• 컴퓨터 실험을 통해 광범위한 바이러스 효능이 예측되는 항원
ARPA-H BDF Toolbox	• ARPA-H 생물의학 데이터 패브릭 툴박스
DIGIHEALS	• ARPA-H 디지털 건강 보안 이니셔티브
HEROES	• 향상된 결과를 달성하기 위한 의료 보상
NITRO	• 골관절염의 조직 재생을 위한 새로운 혁신
PARADIGM	• 분산 및 통합 의료에 대한 농촌 접근성을 가속화하는 플랫폼
PSI	• 정밀 수술 중재
REACT	• 회복력이 뛰어난 확장된 자동 세포 치료법
THEA	• 인간의 눈 동종이식편 이식

나. 유럽

(1) (유럽연합) Horizon Europe

❑ 디지털화, 공급망 위기 속 유럽 내 기술 주권 확보를 위한 과학기술 경쟁력 제고와 혁신을 위해 '21~'27년간 호라이즌 유럽 프로그램 추진

❍ 디지털 전환 및 그린 전환과 같은 EU의 전략적 핵심 정책을 뒷받침하고 유럽의 산업경쟁력 제고를 위해선 최첨단 기술 역량 확보가 필수적이라는 인식으로 EU의 과학기술 리더십 강화를 촉구

- EU 정책 개발, 지원 및 구현을 위한 협력을 촉진하고 연구·혁신의 영향력 강화 및 우수한 지식·기술의 창출과 확산을 지원 추진

➟ EU는 호라이즌 유럽에 7년간 총 955억 유로라는 역대 최대 예산을 배정하며 과학기술 연구 및 혁신의 의지 표명

<표 3-58> 호라이즌 유럽의 특징 주요 내용

특징	내용
유럽혁신이사회	• 파괴적인 혁신 연구개발 지원 및 신시장 창출을 위한 기업 지원 수행
미션	• 5개 영역에을 미션으로 설정 - ①기후 변화 적용, ②암 극복, ③건강한 해양, ④기후 중립·스마트 시티, ⑤토양 건강과 식량
파트너십	• 유럽연합 정책 지원을 위해 공동 프로그램 DNSUOD ALC 투자, 제도화된 파트너십 구축
개방형 과학 정책	• R&I 효율성 향상과 사회 참여를 위한 논문 및 데이터의 전체 공개 의무화
국제 협력 강화	• 글로벌 사회 문제를 해결하기 위해 우수한 연구역량을 갖춘 비유럽연합 회원국들과 연합 추진

- (지원 방향) 기초연구 및 인력교류 및 산업계 지원 등 3개의 기본 프로그램으로 구성하여 EU의 혁신을 위한 집중 지원 추진

<표 3-59> 유럽연합의 호라이즌 유럽 주요 내용



* 출처: '호라이즌 유럽'을 중심으로 과학기술 리더십 강화하는 EU, 경제정보센터, '22.8.

(2) (유럽연합) 유럽연구위원회(ERC, European Research Council)

❑ 유럽연구위원회는 첨단 기초연구 분야의 유럽 최고 연구자의 세계적인 프론티어 연구 지원을 위해 '07년에 Framework Programme7(FP7) 시행에 따라 출범

❍ Horizon Europe까지 지속적으로 지원을 수행하며 매년 국적과 연령, 연구 분야에 제한 없이 EU 회원국에서 진행되는 획기적이고 리크스가 높은 프로젝트를 수행하는 연구자들 중 우수 연구자를 선정· 지원

❍ (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 우수 연구 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 것으로 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 규모의 예산 투자 승인

- FP7부터 Horizon2020까지 연간 약 1.6조원 투입되었으며 Horizon Europe 프로그램은 11억 유로 증액

❍ (지원내용) 신진·경력 연구자를 지원하고 연구자들 간 공동연구를 육성하기 위한 연구자금 지원 프로그램 운영

- 연구단계별로 신진연구자 지원(starting grant), 중견연구자 지원(consolidator grant), 우수연구 지원(advanced grant) 등 세 종류의 프론티어 연구 프로그램을 운영

- 추가적으로 2~4명의 연구자 추진하는 공동연구를 지원하는 공동연구 지원(Synergy Grant), ERC 연구결과의 사업화를 지원하는 사업화 지원(Proof Of Concept Grant) 등을 운영

➟ 사회·인문과학, 생명공학, 물리공학 등 3개 영역에 대한 25명의 전문가 패널을 중심으로 동료 평가시스템을 통해 제안서 평가

<표 3-60> ERC 연구지원 프로그램

프로그램명	내용
신진연구자 지원 (Starting Grants)	• 박사 과정 수료 후 2~7년의 경력을 지닌 높은 가능성을 보여준 과학적 실적, 우수한 연구 제안서를 보유한 연구자를 대상으로 지원 -(지원 금액) 5년간 최대 150만 유로 수준으로 지원, 추가 지원은 최대 100만 유로 지원
중견연구자 지원 (Consolidator Grants)	• 박사 학위 수료 후 7~12년의 경력을 지니고 높은 가능성을 보여주는 과학적 실적, 우수한 연구 제안을 갖춘 연구자를 대상으로 지원 -(지원 금액) 5년간 최대 200만 유로 수준으로 지원, 추가 지원은 최대 100만 유로 지원
우수연구 지원 (Advanced Grants)	• 상당한 연구 성과를 이룬 활동적인 연구자를 대상으로 하며 연구책임자는 연구 기여의 독창성과 중요성 측면에서 뛰어난 리더여야 함 -(지원 금액) 5년간 최대 250만 유로 수준으로 지원, 추가 지원은 최대 100만 유로 지원
공동연구 지원 (Synergy Grant)	• 2~4명의 연구책임자과 소속 팀으로 구성된 공동연구 그룹의 연구 육성 지원
후속연구 지원 (Proof of Concept Grant)	• ERC 프로그램에 참여 중이거나 `23년 1월 1일 이후에 종료된 과제 연구책임자 및 팀에 대한 연구 지원 -수석 연구자는 개념 증명에 적용할 아이디어와 문제의 ERC 개척 연구 프로젝트 사이의 관계 입증 필요

* 출처: https://erc.europa.eu/apply-grant

(3) (영국) ARIA

❑ **영국 정부는 혁신을 넘어 급진적 기술개념을 근본적으로 육성하기 위하여 고위험-고수익의 연구를 지원하기 위해 설립('21)·지원('22)**

➟ 기업·에너지·산업전략부(BEIS, Department for Business, Energey & Industrial Strategy) 산하에 설치되며, 영국 연구혁신기구(UK Research and Innovation, UKRI)와는 독립된 조직으로 운영

❍ 과학기술 연구자금 지원 및 거버넌스에 대한 광범위한 개혁 중 하나이며, 글로벌 과학 강국으로의 입지 공고화를 목적으로 추진

- 기존 연구비 지원기관이 위험을 감수할 만한 연구분야에 투자하기 어려운 체계라는 인식하에 설립되었으며 연구 실패에 대한 관용이 다른 연구 지원사업보다 높아 영국에서 전례 없는 수준의 자율성을 확보

➟ 프로그램 보조금, 상금 인센티브 등을 포함한 자금 지원 모델을 실험하고 성공에 따라 프로젝트를 시작·중지, 재지정할 수 있는 기능 수행

❍ 급진적 기술 발굴과 상용화 지원을 위한 R&D 로드맵을 구축하고 신속한 자금 지원 및 연구비 집행의 자유 보장, 펀딩에 대한 자유롭고 유연한 방식 채택을 통하여 연구개발 지원 수행

- '22년부터 4년간 8억 파운드의 예산이 할당되었으며, 행정적 부담을 줄이기 위하여 과학적 결정에 대한 비밀을 유지할 수 있도록 정보공개법에서 면제

* ARIA의 신규 예산은 영국 정부 연구 예산의 1% 수준이지만 성과 달성에 따라 확대해 나갈 전망

* 도전적이고 고위험적 성격을 갖지만 성공 시 고수익을 창출될 수 있는 과학, 엔지니어링, 기술에 자금 지원

➟ (CEO 체제) 연구 자금을 지원할 수 있는 과학 분야 선정 및 자금 분배 등에 상당한 자율성을 지니고 있으며, 프로그램 기획·운영 수행

➟ (PD 제도) '23년 9월, 고위험-고수익의 연구프로젝트를 이끌 8명의 PD를 선정, 각각 최대 5,000만 파운드의 예산 지원

❍ 글로벌 문제해결 기여를 위한 7개의 프로그램 추진하며, 향후 ARIA의 추진 과제로 구체적인 탐구영역의 발굴 및 지원 예산의 확대 필요성도 강조

<표 3-61> 영국 ARIA 추진 프로그램

순번	주요 내용
1	• Programmable plants: a technology platform for sustainable abundance
2	• Precisely interfacing with the human brain at scale
3	• Scoping our planet: a new lens on climate science
4	• Nature computes better(let's catch up)
5	• Mathematics and modelling are the keys we need to unlock safe and transformative AI
6	• Managing our climate and weather through responsible engineering
7	• Smart machines need smarter bodies

- (추진 방향) 고위험 연구에 초점을 맞추고, 추진 연구 및 프로젝트 선정의 자율성, 재정적 유연성, 운영상의 자유성을 통해서 조직의 독립적인 리더십을 가질 수 있도록 함

➟ 혁신적인 기술변화 및 과학 분야의 패러다임 전환을 창출할 수 있는 고위험 연구에 초점을 맞춰 추진

➟ 추진할 연구 및 프로젝트 선정, 절차, 프로그램 포트폴리오 등에 대한 결정에 대해서는 ARIA에서 결정하도록 하여 전략적·과학적·문화적 자율성을 가질 수 있도록 함

* 자금 배분에 관련해서는 기술전문성을 갖춘 전문가에 의해서 결정하도록 함

➟ 소수의 최고 수준의 연구자에게 프로그램 관리자로서 자금의 조달 권한, 프로젝트 목표 및 이정표 변경, 리스크 관리 등 프로그램 관리 대한 자유와 통제력을 부여

➟ 민첩하고 효율적인 자금 조달을 위해서 일반 프로젝트에서의 장애 요인을 최소화 할 수 있는 의제에 주력하고, 다양한 혁신적인 접근 방식을 사용 할 수 있도록 지원하여 재정적인 유연성 및 운용상의 자유성 확보

(4) (독일) SPRIN-D

❑ 독일 정부는 자국과 유럽의 경제적 이익을 가져올 수 있는 새롭고 불연속적이며 파괴적인 혁신을 창출할 수 있는 SPRIN-D(Bundesagentur für Sprunginnovationen)를 설립・운영('19.12.)

❍ (목적) 연구 성과의 획기적 혁신을 통하여 단기간 내 높은 편익을 창출할 수 있는 상용화 전략과 시장 진입 지원 수행

- 이를 기반으로 관련된 산업과 사회에 긍정적 영향을 끼칠 수 있는 연구 및 프로젝트를 중점으로 발굴・지원 수행

❍ (목표) 미래지향적 기술을 전략적으로 발굴하여 사회경제적, 생태학적 문제와 글로벌 당면 문제를 해결할 방안을 모색하고 파괴적 혁신을 통하여 新 산업 및 新 시장 창출에 기여

- 파괴적 혁신의 지속적 운영을 위해선 연구개발만이 아닌 시스템, 서비스 등과 함께 발전되어야 하며, 기술의 지속적인 활용 과정이 중요하다 인식

➡ (파괴적 혁신) 기술, 사회 및 환경 문제를 해결하며 새로운 시장을 창출하여 기존 시장에서 탈피된 새로운 생태계 구축

❑ SPRIN-D는 불필요한 관료주의적 형태를 탈피하고 높은 자율성을 기반한 신속하고 유연한 조직 운영이 독일 내 타 연구지원 기관과 차별화

❍ (연구 주제) 특정 분야에 국한되지 않고 사회적 공헌을 위한 주제를 중심으로 연구자 연구 주제를 제안하는 상향식으로 프로그램 운영

- 챌린지 프로그램은 SPRIN-D에서 지정한 분야를 중심으로 연구 수행

<표 3-62> 독일 SPRIN-D Challenges 프로그램 분야('24)

구분	주요 내용
Circular Bio manufacturing	• 다양한 탄소함유 폐기물을 신제품으로 전환하는 종단간 시제품 개발
Long Duration Energy Storage	• 주요한 원자재의 소비 없이 10시간 이상 효율적으로 에너지를 저장하고 전기를 공급할 수 있는 기술 개발
Carbon to Value	• 대기에서 이산화탄소를 제거하는 기술을 기반으로 포집된 탄소를 경제적으로 원료 또는 제품 생산에 결합하는 기술 개발
Broad Spectrum Antivirals	• 항바이러스 치료제 개발을 위한 새로운 접근법을 통해, 광범위한 항바이러스제 및 플랫폼 기술에 대한 접근 방식을 개발

❍ (운영 방식) 혁신관리자(IM, Innovation Manger)를 통한 자금 지원, 컨설팅 등 수행

- 美 DARPA 벤치마킹하여 독일에 특화된 R&D 활동 및 전략을 중심으로 초기 단계부터 R&D 활동을 지원하며, 연구 창의성을 극대화할 수 있는 환경 조성 지원

➟ 기술과 제도간 공진화(co-evolution)를 통해 기술과 관련된 제도, 사회, 규제 및 사용자 환경의 기술개발이 중요하다는 점을 강조

❍ (지원) SPRIN-D는 파괴적 혁신 활동을 촉진하기 위해 연구개발을 위한 효과적인 프로세스를 지원

<표 3-63> 독일 SPRIN-D 프로젝트 지원 내용

구분	주요 내용
재정적 지원	• 기술 및 제품 검증을 위한 수주 또는 프로젝트 회사 설립을 위한 재정 지원 방안 모색
상담 및 조언	• 아이디어의 추가 개발을 위한 기술 및 기업가적 전문성 제공
비즈니스 서비스	• 회계, 법률자문, 제품 관리 또는 마케팅 분야에 대한 지원
파트너 구성	• 아이디어 및 혁신가 간 연계 및 팀 구성
네트워크 확장	• 우수한 과학 및 비즈니스 네트워크 제공
맞춤형 협업	• 효율성을 위한 프로세스 표준화 및 협업을 위한 계획

- (진행 중인 프로젝트) '24년 SPRIN-D에서 수행 중인 프로젝트는 총 12개

<표 3-64> 독일 SPRIN-D 추진 프로젝트

순번	주요 내용
1	• Cancer immunotherapy according to a two-key principle
2	• RESISTORS WITH BRAINS USING MEMRISTORS TO STORE AND PROCESS THE GROWING FLOOD OF DATA
3	• VIRUS BUSTERS(capsitec aspires to cure viral diseases with DNA origami)
4	• NANOROBOTS IN CANCER THERAPY
5	• STRENGTHENING DIGITAL SOVEREIGNTY
6	• SMALL LENSES, BIG IMPACT
7	• LEARNING FROM THE BRAIN FOR THE COGNITIVE DATABASE OF THE FUTURE
8	• THE NEW INDUSTRIAL REVOLUTION IS NANO.HOW NANOGAMI IS REVOLUTIONIZING (NOT ONLY) THE HEALTHCARE SECTOR
9	• IN THE FAR DISTANCE, YET SO CLOSE: THE HOLODECK WILL COMPLETELY REVAMP THE WAY WE COMMUNICATE
10	• CURATIVE DESTRUCTION: HOW ALZHEIMER'S DISEASE CAN BE DEFEATED
11	• HARVESTING THE WIND (The inland wind turbines of the future)
12	• A MACROSOLUTION TO THE PROBLEM OF MICROPLASTICS

❍ (특징) SPRIN-D는 타 연구지원 기관과 달리 대출, 창업 등 차별화된 프로세스를 도입하여 자율성을 강조할 수 있는 기반을 조성하고 민간 상품과 연계하여 유연한 연구비 지원 구졸르 확립하기 위한 노력 수행

- 기관측면에서 과제 관리의 핵심원칙은 기술혁신 활동이 단순히 기술적 우위에 의해서만 결정되는 것이 아니라, 사회적 합의, 시장 수요, 대중의 인식 등 다양한 요인들과 연계되어 활용하는 것임을 강조

- SPRIN-D 자유법 제정을 통하여 기관의 활동에 자율권을 부여하여 행정적 제약 및 한계를 해소할 수 있는 법적 근거를 마련

➟ SPRIN-D 수정법안은 위험성이 높은 프로젝트를 효율적으로 지원할 수 있는 프로세스 측면을 강화하였고, 동시에 공공자금이 책임 있게 사용될 수 있는 장치를 마련함

<표 3-65> SPRIN-D 자유법 관련 주요 내용

주요 방해 요인
• 주무부처는 연구 내용에 대해 지나치게 간섭하며 자회사 및 스타트업 창업 과정에서 불필요한 행정을 강화하여 기술혁신의 속도를 지연시킴 • 실패 위험이 높은 프로젝트에 대한 연구비 규모가 충분하지 않고 이를 위한 기획 활동도 거의 없음 • 혁신적 전문가들이 시장에 참여하여 활동할 수 있는 급여 지급 구조가 구축되지 않음
▼
SPRIN-D 자유법 주요 내용
• 기술 개발 단계부터 검증 및 창업까지 지원하는 SPRIN-D의 지원 방식에 더하여, 프로젝트 후 시장 진입 단계까지 지원하고, 프로젝트 수행 과정에서 공적 자금과 민간 자금이 모두 사용될 수 있도록 함 • 의사결정을 신속하게 하고 중간 행정의 간소화를 위해 연방 장관회의 승인 절차를 축소하고, SPRIN-D의 결정 권한을 강화함 • 연간 예산을 자유롭게 사용할 수 있는 제도를 도입하여 회계연도에 얽매이지 않고 연구비를 사용할 수 있도록 함

* 출처: 독일의 불연속적 기술혁신을 위한 새로운 시도, ,한국연구재단(내부자료)

❑ (프로그램) 기관의 대표적 프로그램은 연구비 지원 형태와 선발 및 평가체계를 통해 크게 SPRIN-D Project GmbH와 SPRIN-D Challenges로 구분

❍ Project GmbH의 경우, 혁신 잠재력을 평가하기 위해 유한회사의 기술력을 검증 후 관련 스타트업을 지원함

- Project-GmbH 프로그램은 혁신적인 아이디어가 있는 개인부터 이미 설립된 회사나 스타트업도 신청이 가능하며, 선정된 프로젝트 및 연구팀은 최소 5년 동안 연구비 지원 및 컨설팅 등의 지원

➟ '21년 기준, 지원서 중 약 7% 정도의 파괴적 혁신 잠재성이 있는 프로젝트를 1, 2단계의 과정을 통해 선별하였으며, 2단계 평가 진입 여부는 파괴적 혁신 여부를 설명하였는지가 가장 큰 요인으로 조사

<표 3-66> SPRIN-D Project-GmbH 불연속 혁신 점검사항

불연속 혁신 점검 사항	
• 핵심 아이디어	• 현재 성과 및 다음 단계
• 기술 개발 목표 및 문제 해결 영역	• 해당 기술을 반대하는 주장에 대한 기술/경제/사회적 도전 과제
• 프로젝트의 수혜자 및 잠재적 고객	• 프로젝트의 기능이나 실현 가능성에 대한 증명
• 해당 혁신 기술의 사회적 공헌 여부	• 기술 개발을 위한 예상 비용
• 해당 기술의 혁신성 및 해당 프로젝트만의 새로운 접근 방법	• 소요 시간 및 마일스톤
• 해당 기술의 구현 방법 및 성공할 수 있는 이유	• 재정 지원 외에 SPRIN-D의 지원이 필요한 영역
• 기술 개발 및 적용을 위한 현재 성과 및 현재 관행의 한계/약점	• 프로젝트의 진행 과정 및 실현 후 성과를 판별하는 기준
• 해당 프로젝트와 유사한 프로젝트 및 대안	• 프로젝트 팀의 특별한 강점

* 출처: 독일의 불연속적 기술혁신을 위한 새로운 시도, ,한국연구재단(내부자료)

- 평가기준은 비공개가 원칙이며, 확인화된 평가지표는 없으나 과제 계획서를 살펴보면 완전히 새로운 시장의 창출, 기존 시장을 근본적으로 변화시키는 완전히 새로운 생태계

구성, 기술/사회/환경적 문제를 해결할 수 있는 획기적 혁신성을 강조하고 있는 점을 확인

<표 3-67> SPRIN-D Project-GmbH 프로젝트 선별과정

단계	내용
1	• 다수의 전문가들이 프로젝트를 평가하여 SPRIN-D의 활동분야와 적합한지 분석
2	• 1단계를 통과한 프로젝트에 한해 의사결정 위원회가 재검토 후 파괴적 혁신 가능성 검토
3	• 2단계를 통과한 프로젝트에 한해 감독위원회가 어떠한 형태로 협력할지 최종 결정

❍ Challenges 프로그램의 경우 정해진 주제별로 다수의 연구팀을 동시에 지원할 수 있고, 해당 주제별 전문가들이 각 팀의 성과를 평가 후 지속적으로 연구비를 지원할 것인지에 대해 결정함

- PRIN-D 전문가 그룹은 접수된 지원서를 기준으로 신청서를 검토하고, 최종 결정은 과학자, 전문가 및 투자자로 구성된 심사위원단이 지원서와 발표를 토대로 심사하며 Challenge 프로그램은 SPRIN-D에서 사전 지정한 6개의 분야에서만 과제를 운영하고 있음

➟ SPRIN-D Challenge의 분야별 심사위원은 비공개가 원칙이나 프로젝트의 특성 및 진척도에 따라 심사위원들이 공개된 경우가 있으며, 심사위원단은 프로젝트의 평가뿐 아니라 조언자로서의 역할도 담당

다. 일본

(1) Moonshot

❑ **일본 정부는 과학기술을 통한 파괴적 혁신으로 사회문제를 해결하기 위하여 기존 기술에서는 상상하기 어려운 도전적인 연구개발(문샷)을 추진**

❍ '13년 혁신적 연구개발 추진 프로그램(ImPACT)을 5년간 한시적으로 시도한 일본 정부는 '인간의 행복 실현'을 최종 도달점으로 정한 문샷(Moonshot)* 연구개발 제도를 수행('19.3.)

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

❍ (목표) 사회·환경·경제 분야의 제반 문제를 해결하고자 '50년까지 달성해야 할 10대 목표를 선정

- 파괴적인 혁신 창출을 목표로 기존 기술의 연장이 아닌 더 대담한 발상에 근거하는 도전적인 연구개발 추진

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

- 연구주제는 각 부처 관련 전문가 회의 등을 거쳐 10~20년 후 일본에 필요한 기술에 대한 주제로 결정

* (주요 기술 사례) 중증 환자에 필요한 치료 기술을 개발할 때까지 동면시키는 기술, 태풍의 진로를 조작하는 기술, 가상현실로 고인과 대화하는 기술 등

<표 3-68> 일본 문샷(Moonshot) 연구개발도 10대 목표



구분	문샷목표
`20.1.	• 신체, 뇌, 공간, 시간의 제약에서 해방 • 질환의 극초기 예측·예방 • 스스로 학습·행동하면서 인간과 공생하는 AI로봇 • 지구 환경의 재상 • 2050년의 먹거리와 농업 • 오류 내성형 범용 양자 컴퓨터
`20.7.	• 건강 불안 없이 100세까지
`21.9.	• 기상제어에 의한 극단 풍수해의 경감 • 마음의 안식과 활력을 증대
`24.1.	• 핵융합에너지의 다면적 활용을 통해 지구환경과 조화를 이루며 자원 제약에서 해방된 활기찬 사회 실현

❍ 일본 정부는 종합과학기술·혁신회의(CSTI) 및 외부 전문가 의견 수렴을 토대로 문샷 목표를 결정하였으며, PD(Project Director)와의 협의로 PM(Program

Manager)을 공모·채택하여 사업 수행

➟ 구상디렉터(PD): 각 문샷 프로그램 책임자, 세부 프로젝트의 조합·자원배분 등의 정책을 관리, 계획(포트폴리오)의 전략적 구축, 연구개발 프로젝트 제안자 및 추진 책임자인 프로젝트매니저(PM)의 선정, 연구개발 프로젝트의 실시 결정·평가 등 연구개발 프로젝트의 진척 관리 및 그에 따른 PM에 추진 지시 등을 실시(외부 자문위원 등을 활용)

➟ 프로젝트매니저(PM): 목표 달성 및 연구개발 구상을 실현하기 위한 시나리오 수립, 연구개발 프로젝트의 설계, 연구개발 체제 구축, 연구개발 프로젝트 수행 관리 등을 실시

- (운영 방식) 연구 전체의 포트폴리오 구축 및 일본의 기초연구력을 최대한 끌어내기 위하여 실패를 허용하며 도전적인 연구개발 추진

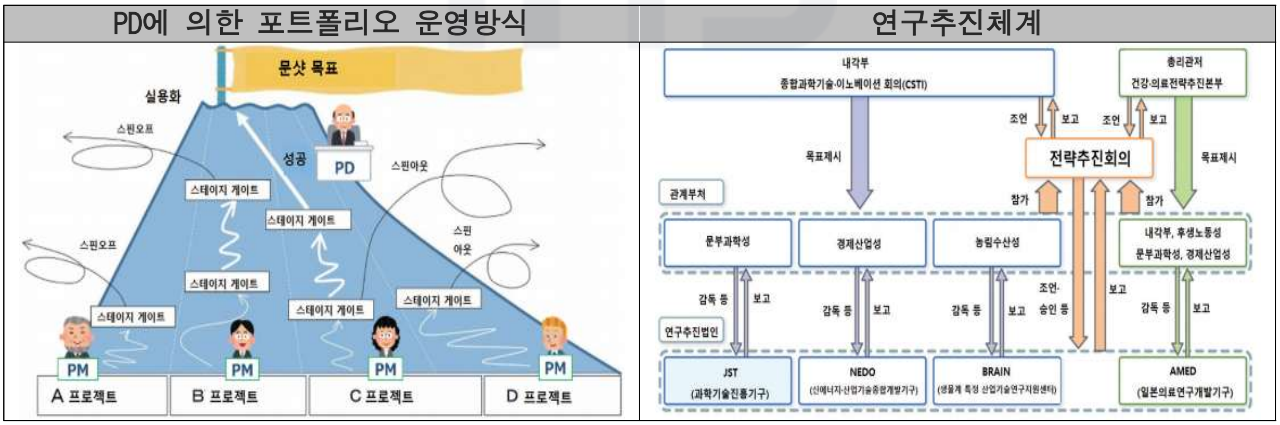
- (연구개발 운영 및 평가) 매년 자체평가를 통하여 연구개발 현황을 파악

➟ 연구개발 주제가 1년 이상 지속될 시, 2년차에 중간평가를 실시하며 기업과의 공동연구 사업 추진시 스테이지 게이트 심사를 통하여 포트폴리오를 유연하게 재검토하고, 파생적인 연구성과 스핀아웃을 장려

- (추진방식) 관계부처가 문샷 목표 달성을 위한 연구개발 구상을 수립·추진하고 연구추진법인이 프로젝트 구상·관리계획 수립 등을 수행

➟ 문부과학성, 경제산업성, 농림수산성, 후생노동성 등의 다부처 사업으로 추진되며 내각부, 문부과학성, 경제산업성 등이 공동으로 대규모 투자(약 1조 원) 지원 수행

<표 3-69> 일본 문샷(Moonshot) 운영방식 및 연구추진체계



* 출처: 2050년을 대비한 일본의 과학기술 정책: 문샷형 연구개발제도, 국회도서관, '23.11.

❍ (특징) 복수 팀에 동일한 연구개발을 맡겨 서로 경쟁시키는 '토너먼트형 연구개발(R&D)'을 본격 도입

- (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 경쟁우위 팀만 본연구 진행



<그림 3-9> 일본 Moon-shot 프로젝트의 경쟁형 R&D 운영 방식

- 임무달성을 위한 프로젝트를 지속적으로 추진하고 있으며, '24년 선정된 목표10(핵융합에너지)의 PM선정을 진행 중

<표 3-70> 일본 moonshot 추진 프로젝트 (2024년 4월 기준)

지표	내용
목표 1	• The Realization of an Avatar-Symbiotic Society where Everyone Can Perform Active Roles without Constraint (누구나 제약 없이 활동할 수 있는 아바타 공생사회 실현) • Liberation from Biological Limitations via Physical, Cognitive and Perceptual Augmentation (신체적, 인지적, 지각적 강화를 통한 생물학적 한계로부터의 해방) • Cybernetic Avatar Technology and Social System Design for Harmonious Co-experience and Collective Ability (조화로운 공동경험과 집단능력을 위한 사이버네틱 아바타 기술과 사회 시스템 설계) • Structuring Spatiotemporal Environmental Information in the Body Using In-body Cybernetic Avatars (체내 사이버네틱 아바타를 사용하여 신체의 시공간 환경 정보를 구조화) • Realization of a Society that can Use Cybernetic Avatars Safely and Securely (사이버네틱 아바타를 안전하게 사용할 수 있는 사회 구현) • Reliability-ensuring Cybernetic Avatar Infrastructure Allowing Interactive Teleoperation (대화형 원격 조작을 허용하는 신뢰성을 보장하는 사이버네틱 아바타 인프라) • Creating A Society Whose Citizen's Health is Monitored by Remote Control of Intracellular Cybernetic Avatars (세포 내 사이버네틱 아바타의 원격 제어로 시민의 건강이 모니터링되는 사회 만들기)
목표 2	• Comprehensive Mathematical Understanding of the Complex Control System between Organs and Challenge for Ultra-Early Precision Medicine (장기 간 복잡한 제어 시스템에 대한 종합적인 수학적 이해와 초조기 정밀의학의 과제) • Challenge toward the Control of Intractable Cancer through Understanding of Molecular, Cellular, and Interorgan Networks (분자, 세포, 장기간 네트워크의 이해를 통한 난치성 암 관리에 도전) • Challenge for Eradication of Diabetes and Comorbidities through Understanding and Manipulating Homeostatic Systems (항상성 시스템의 이해와 조작을 통한 당뇨병 및 동반질환 퇴치를 위한 과제) • Towards Overcoming Disorders Linked to Dementia based on a Comprehensive Understanding of Multiorgan Network (다장기 네트워크에 대한 포괄적인 이해를 바탕으로 치매 관련 장애 극복) • Understanding and Control of Virus-Human Interaction Networks (바이러스-인간 상호 작용 네트워크의 이해 및 제어)

지표	내용
목표 3	• Smart Robot that is Close to One Person for a Lifetime (한 사람과 평생을 함께하는 스마트 로봇) • Collaborative AI robots for adaptation of diverse environments and innovation of infrastructure construction (다양한 환경 적응과 인프라 구축 혁신을 위한 협업 AI 로봇) • Co-evolution of Human and AI-Robots to Expand Science Frontiers (과학 지평 확장을 위한 인간과 AI 로봇의 공진화) • Adaptable AI-enabled Robots to Create a Vibrant Society (활기찬 사회를 만들기 위한 적응형 AI 기반 로봇) • AI & Robots that Harmonize with Humans to Create Knowledge and Cross Its Borders (인간과 조화를 이루어 지식을 창조하고 국경을 넘는 AI와 로봇) • Intelligent Multi Agents for Exploration and Settlement in Unknown and Unexplored Areas (알려지지 않은 지역과 미탐사 지역의 탐사 및 정착을 위한 지능형 다중 에이전트) • Awareness AI Robot System for leading proactive behavior improvement (선제적 행동개선을 선도하는 인지 AI 로봇 시스템) • Self-Evolving AI Robot System for Lunar Exploration and Human Outpost Construction (달 탐사 및 인간 기지 건설을 위한 스스로 진화하는 AI 로봇 시스템)
목표 4	• Development of technologies to recover greenhouse gases (“GHGs”) and convert them into valuable materials (온실가스(GHG)를 회수하여 가치 있는 소재로 전환하는 기술 개발) • Development of technologies to recover nitrogen compounds and convert them into harmless or useful materials (질소화합물을 회수하여 무해하거나 유용한 물질로 전환하는 기술 개발) • Development of marine biodegradable plastics which can control the timing and speed of their degradability (분해되는 시기와 속도를 조절할 수 있는 해양생분해성 플라스틱 개발)
목표 5	• Achieving zero food risks by improving crop robustness using cyber-physical systems (사이버 물리 시스템을 활용한 작물의 견고성 향상으로 식량 위험 제로 달성) • Building a platform for sustainable farming by environmental control based on the microbe atlas of the soil (토양 미생물 지도 기반의 환경 관리를 통한 지속가능 농업 플랫폼 구축) • Bio-economical food production system using circular cell culture of algae and animal cells (조류 및 동물 세포의 원형세포배양을 이용한 생물경제적 식품생산 시스템) • Realization of zero pest damage agriculture by making full use of advanced physical methods and unused biological functions (첨단 물리적 방법과 미활용된 생물학적 기능으로 해충 피해 제로 농업 실현) • Realization of a new livestock production system to reduce methane by 80 % through complete control of the bovine rumen microbiome (소의 반추위 미생물 완전 제어를 통한 메탄을 80% 저감의 새로운 축산 시스템 구현) • Insect-Based Sustainable Food Production Systems toward Global Food Security and Human Space Exploration Project (글로벌 식량 안보 및 인류 우주 탐사 프로젝트를 위한 곤충 기반의 지속 가능한 식량 생산 시스템) • Creation of Next-Generation Food Supply Industrial Chains for a Natural Capitalism Society (자연자본주의 사회를 위한 차세대 식량공급 산업체인 구축) • Development of Technology for Innovative Long-Term Food Storage using Low-Temperature Frozen Milled Hydrogel Powder (저온 냉동 밀링 하이드로겔 분말을 이용한 혁신적인 식품 장기 보관 기술 개발)

지표	내용
목표 6	• Research and Development of Theory and Software for Fault-tolerant Quantum Computers (내결함성 양자 컴퓨터를 위한 이론 및 소프트웨어 연구 개발) • Development of Quantum Interfaces for Building Quantum Computer Networks (양자 컴퓨터 네트워크 구축을 위한 양자 인터페이스 개발) • Fault-tolerant Quantum Computing with Photonically Interconnected Ion Traps (광자적으로 상호 연결된 이온 트랩을 사용한 내결함성 양자 컴퓨팅) • Development of Large-scale Fault-tolerant Universal Optical Quantum Computers (대규모 내결함성 범용 광학 양자 컴퓨터 개발) • Large-scale Silicon Quantum Computer(대규모 실리콘 양자 컴퓨터) • Quantum Cyberspace with Networked Quantum Computer (네트워크로 연결된 양자 컴퓨터를 갖춘 양자 사이버 공간) • Development of Integration Technologies for Superconducting Quantum Circuits (초전도 양자회로 집적기술 개발) • Large-scale quantum hardware based on nanofiber cavity QED (나노섬유 캐비티 QED 기반의 대규모 양자 하드웨어) • Large-scale and high-coherence fault-tolerant quantum computer with dynamical atom arrays (동적 원자 배열을 갖춘 대규모 및 높은 일관성 내결함성 양자 컴퓨터) • Development of a Scalable, Highly Integrated Quantum Error Correction System (확장 가능하고 고집적 양자 오류 정정 시스템 개발) • Development of scalable Silicon quantum computer technology (확장 가능한 실리콘 양자컴퓨터 기술 개발) • Scalable and Robust Integrated Quantum Communication System (확장 가능하고 견고한 통합 양자 통신 시스템)
목표 7	• Mitochondrial Medicine(미토콘드리아 의학) • Development of method for complex tissue regeneration via tissue embryonization (조직배아화를 통한 복합조직 재생방법 개발) • Extending healthy lifespan by eliminating senescent cells (노화세포를 제거 하여 건강한 수명 연장) • Regulating microinflammation: Preventing disease through quantum and neuromodulation technologies (미세염증 조절: 양자 및 신경조절 기술을 통한 질병 예방) • Deciphering and Engineering Sleep and Hibernation -- The Future of Medical Care (수면과 동면의 해독 및 엔지니어링 - 의료의 미래) • Bring hospital into home toward controlling inflammation at home (집에서 염증을 조절하기 위해 병원을 집으로) • Understanding and harnessing the role of the gut microbiome in healthy longevity (건강한 장수를 위한 장내 미생물군집의 역할 이해 및 활용) • A world of zero cancer risk created by rejuvenation using cell lineage conversion (세포계통전환을 통한 회춘으로 만들어지는 암위험 제로 세상) • Actualization of a cancer-free society through regulation of chronic inflammation (만성염증 조절을 통한 암 없는 사회 실현)
목표 8	• Control Theory of Weather-Society Coupling Systems for Supporting Social Decision-Making(사회적 의사결정 지원을 위한 기상-사회 결합 시스템의 제어 이론) • Typhoon control research aiming for a safe and prosperous society (안전하고 풍요로운 사회를 목표로 하는 태풍 제어 연구) • Heavy Rainfall Control for Living Together with Isolated-Convective Rainstorms and Line-Shaped Rainbands (대류성 폭풍우 및 선형 레인밴드와 함께 생활하기 위한 폭우 제어)

지표	내용
	• Estimation and Control of Air-Sea Momentum and Heat Fluxes of Typhoons (태풍의 대기-해상 운동량 및 열유속 추정 및 제어) • Development of an Atmospheric Simulation Model for Estimating the Probability of Local Atmospheric Phenomena (국지적 대기현상의 확률 추정을 위한 대기모의모델 개발) • Actuator Location Optimization for Large Degree-of-Freedom Fields (큰 자유도 필드에 대한 액추에이터 위치 최적화) • Development of Unmanned Marine Observation Vehicles to Contribute to Forecasting and Monitoring of Typhoon Artificial Control (태풍 인공제어 예측 및 모니터링에 기여하는 무인 해양관측 차량 개발) • Artificial generation of upstream maritime heavy rains to govern intense-rain-induced disasters over land(집중호우로 인한 육지 재해를 통제하기 위한 상류 해상호우 인공발생)
목표 9	• Asian humanities and brain informatics to enhance peace and compassion of the mind (마음의 평화와 연민을 높이는 아시아인문학과 뇌정보학) • Development of “Jizai Hon-yaku-ki (At-will Translator)” connecting various minds based on brain and body functions (뇌와 신체 기능을 기반으로 다양한 마음을 연결하는 '자이 혼야쿠키(자유 번역기)' 개발) • Freedom of Mind and Value Co-Creation through Decentralized Data Management (탈중앙화된 데이터 관리를 통한 마음의 자유와 가치 공동창출) • Maximizing well-being and agency on the basis of interpersonal comparison of brain indicators(뇌 지표의 대인 비교를 기반으로 웰빙과 주체성의 극대화) • Realization of a society where people can live a Maemuki (forward-looking) life in the face of adversity (역경 속에서도 미래지향적인 삶을 살아갈 수 있는 사회의 실현) • Protecting children's intellectual curiosity and individuality to realize a dynamic society(어린이의 지적 호기심과 개성을 보호하여 역동적인 사회 구현) • Understanding the cognitively regulatory basis of food value that controls feeding behaviors(수유 행동을 제어하는 식품 가치의 인지적 규제 기반 이해) • Development of a Neuroscientific Basis for Visualization and Manipulation of the Mind(마음의 시각화 및 조작을 위한 신경과학적 기초 개발) • Construction of an AIoT-based universal emotional state space and evaluation of well-/ill-being states (AIoT 기반 보편적인 감정상태 공간 구축 및 웰빙/불쾌 상태 평가) • Child Care Commons : Building the System Requirements of Alternative Relatives for Our Parenting (Child Care Commons: 우리의 양육을 위한 대체 친척의 시스템 요구 사항 구축) • Elucidation of the mechanism of serotonin over optimism and pessimism (낙천주의와 비관주의에 대한 세로토닌의 메커니즘 해명) • A haptic partner that supports children's minds(아이들의 마음을 응원하는 햅틱 파트너) • Realization of a society where child abuse and suicide are zero (아동학대, 자살이 제로인 사회 실현)
목표 10	• `24년 10월 PM 선정 완료 예정

(2) ImPACT

❑ 고위험, 고영향 R&D를 장려하고 지속 가능하고 확장 가능한 혁신 시스템 실현을 목표로 추진

❍ (목적) 기존의 공공사업 및 시장 중심 경제정책을 극복하고 새로운 수요를 창출하기 위하여 사회 문제 해결 및 혁신 전략 방안으로 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

- 공공과 민간이 실패를 두려워하지 않고 R&D 과제에 도전하여 산업 및 사회에 많은 변화를 가져다줄 수 있는 과학기술 혁신 창출을 위하여 고위험-고영향력(High Risk-High Impact) R&D 추진

❍ ImPACT의 궁극적인 목표는 일본을 혁신에 가장 유리한 나라, 기업가 정신과 창업 정신이 넘치는 나라로 만드는 것으로 ①파괴적인 혁신 창조, ②혁신 창출을 위한 실천 모델 제시 달성 추진

➟ (파괴적 혁신 창조) 최고의 R&D 역량 통합과 고위험-고영향 R&D 추구, R&D 프로그램을 전적으로 지위하고 유연한 경영을 발휘하며 파괴적인 혁신을 창출하는 도전 수행

➟ (실천모델제시) 국가 비즈니스 전반에 걸쳐 ImPACT의 이니셔티브를 확장을 위해 PM의 혁신 창출을 위한 행동 모델을 업계에 제시



<그림 3-10> 일본 ImPACT의 R&D 프로그램 추진 체계 및 단계

❍ 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(Contro-Tower) 역할을 강화하기 위한 내각부 법개정 추진 : 과학기술혁신 종합전략(2013.6.7.) 및 일본재흥전략(2013.6.14.) 결정

- (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

➟ 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

- R&D 관리형태는 PM별로 팀 내부에 경쟁 환경을 도입하는 stage gate*방식이나 산학연계 매트릭스** 등이 존재

* PM의 명확한 목표 혹은 요구하에 같은 목적을 향해 여러 기관이 서로 다른 접근방식으로 경쟁하는 것

* 종래 고정적인 협력관계에서 벗어나 장래 실용화 및 제품화를 우선으로 하여 목적이나 기능에 따른 유연한 팀 편성

<표 3-71> PM의 선정 절차 및 역할

구분	내용
자질	• 기술 및 시장 동향에 대한 폭넓은 이해도와, 이를 다각도로 검토하여 사업화 등을 추진할 수 있는 연구자 • 국내외 연구자와 충분히 소통하고, 목표 달성을 위해 리더십을 발휘 할수 있는 연구자
선정 절차	• 종합과학기술회의에서 PM공모 → PM선정(안)을 ImPACT 추진회의에 보고 → 추진회의의 선정(안) 조정 후 종합과학기술회의에 보고 → 종합과학기술회의에서 최종 결정
역할 및 권한	• 관리업무 지원에 관한 권한을 가지고 있으며, 필요하다면 기관 내에 한정하지 않고, 외부자원을 활용할 수 있음 • 잠재적 수요 및 동향조사, 연구개발 동향 및 연구자 조사, 워크숍 개최, 지적재산 및 국제표준화추진 등
원칙	• PM은 약 6개월마다 종합과학기술회의에 진행상황을 보고하고 개선 요청사항을 수렴하여 반영 • 전임을 원칙으로 하지만, 우수 연구자의 확보를 위해서는 겸임도 가능 • 우수한 PM에게는 소속기관과의 협의 통해 추가적인 인센티브를 제공할 수 있음 • 종합과학기술회의에서 요청한 개선사항이 반영되지 않거나 성과를 기대할 수 없는 경우 추진회의 심의를 거쳐 PM 해임 가능

❍ ImPACT는 프로젝트 추진상태를 모니터링하고 모험적인 연구개발 프로그램이 가능한지 검증하고, DARPA 체계를 모델로 구성하여 수행

<표 3-72> 일본 ImPACT의 테마

구분	임팩트 테마
일본식 가치 창조	• 자원의 제약에서 벗어나 모노즈쿠리(제조) 역량 혁신
세계와 조화로운 삶	• 생활방식을 바꾸는 생태적으로 건전한 사회구현과 혁신적인 에너지 절약
사람과 사람을 연결하는 스마트 커뮤니티	• 정보네트워크를 뛰어넘는 고도기능사회의 실현
모두의 건강하고 쾌적한 삶 실현	• 저출산 · 고령화 사회에서 세계에서 가장 쾌적한 생활환경 제공
체감하는 회복력 실현	• 인간이 인지할 수 없는 위험이나 자연재해로부터의 충격을 통제하고 피해 최소화

<표 3-73> 일본 ImPACT 세부 프로그램

번호	프로그램명
1	• 초박형 유연한 터프 폴리머 구현 -(목표) 기존의 한계를 뛰어넘는 두께와 인성을 모두 달성하는 견고하고 유연한 폴리머 개발
2	• 세포 검색 엔진 -(목표) 광자학, 미세유체학, 분자세포생물학, 생물정보학, 유전학 등 다양한 분야의 첨단 방법과 기술을 통합하여 체계적으로 우연을 달성하기 위한 혁신적인 기술인 세렌디피터를 개발하는 것
3	• 안전 · 안심 · 장수 사회 실현을 위한 유비쿼터스 파워 레이저 -(목표) 레이저 플라즈마 가속기에 레이저, 플라즈마 및 가속기 기술을 결합하여 초소형 XFEL을 구현
4	• 충전 없이 장시간 사용 가능한 Ultimate Green IT 기기 구현 -(목표) 전압을 사용해 자기 메모리에 데이터를 기록하는 궁극의 비휘발성 메모리, 전력 소모가 적은 스핀트로닉스 로직 집적회로 등의 기술을 통해 이러한 사회적 문제 해결과 각 컴퓨터 메모리와 컴퓨터 메모리의 궁극적인 절전 달성
5	• ZERO 집중 간호 사회를 위한 혁신적인 사이버 시스템 -(목표) 뇌-신경-근육 시스템, 로봇 및 기타 장치를 융합하고 결합한 혁신적인 사이버닉 시스템으로 인간의 잔여 기능을 향상/확장/증폭/지원
6	• 초고기능 구조단백질, 기초소재산업 판도 변화 -(목표) 자연계에서 배우고 일본의 산업 경쟁력을 획기적으로 향상시킬 초고기능 차세대 소재를 만드는 것
7	• 터프 로봇공학 챌린지(TRC) -(목표) 극한의 재난 상황에서도 견고하고 흔들리지 않고 작동할 수 있는 원격 자율 로봇의 필수 기술을 개발하는 것
8	• 핵변환을 통한 고준위 방사성 폐기물 저감 및 자원 재활용 -(목표) 심층 처분이 유일한 선택이었던 장수명 핵분열 생성물(LLFP)의 핵 반응 경로 조사
9	• 극미량 물질 검출을 위한 진화를 넘어선 초고속 다중 센싱 시스템 -(목표) 곤충 등 생물의 뛰어난 생물학적 능력을 연구하고 나노전자공학을 이용한 초고속 다중 감지 시스템 개발
10	• 신성장 산업 창출을 이끄는 혁신적인 시각화 기술 -(목표) 혈관을 영상화할 수 있는 실시간 3차원 시각화 기술을 개발하여 질병의 조기진단, 예방의학, 건강과 미용의 유지를 가능하게 하는 것
11	• 뇌정보산업 창출을 통한 활기찬 삶의 실현 -(목표) 뇌정보의 시각화와 제어기술 연구를 신경과학을 활용하여 사회문제 해결과 연결하는 혁신적인 노력
12	• 양자 네트워크에서 양자 인공두뇌를 연결하는 첨단정보사회 인프라 -(목표) 조합 최적화 문제를 전문으로 하는 새로운 유형의 응집성 컴퓨터를 개발
13	• 주문형 관측을 위한 소형 합성 개구 레이더 위성 시스템 -(목표) 밤, 비/구름/폭풍우 등 모든 조건에서 발사 후 수십 분에서 수 시간 동안 전 세계에서 상시 및 전지점 관측을 가능하게 하는 것
14	• 풍요롭고 안전한 사회를 위한 인공세포반응기 기술과 신생명공학 -(목표) 새로운 생명공학을 가능하게 하는 인공세포반응기로 불연속적인 혁신
15	• 새로운 산업 혁명을 추진하는 생체공학 휴먼노이드 -(목표) 센서를 탑재한 정교한 가짜를 활용해 정성적인 감각 표현을 정량적으로 이해하고, 시행착오를 배제해 기술 씨앗을 사회에 신속하게 전달할 것
16	• 사회적 위험 감소를 위한 울트라 빅데이터 플랫폼 -(목표) 현재의 빅데이터 처리 규모를 훨씬 뛰어넘는 초대형 빅데이터 플랫폼을 구축

* 출처: ImPACT 프로그램 홈페이지

(3) 미래사회창조사업

❍ 일본 미래사회창조사업은 「제 5기 과학기술기본계획」명시된 '국가는 각 부처의 연구 개발 프로젝트에 도전 연구 개발의 추진에 적합한 기술을 보급 확대할 것' 에 따라 '17년 JST에서 추진

❍ (미션) 사회 및 산업 요구를 기반으로 경제·사회적 영향력을 고려한 도전적인 기술개발 목표를 설정하고 기존 사업의 유망 성과의 활용을 통해 실용화 측면에서 개념 증명(POC)을 목표로 연구 개발을 추진

- 프로그램 관리자(PM) 방식을 도입하여 뛰어난 지도력하에 도전적인 성과의 달성을 목표로 함

❍ (프로그램 구성) 프로그램은 탐색가속형과 대규모프로젝트형으로 구성

- 탐색가속형은 소액 과제를 다수 채택하여 추진하는 Small Start형 탐색 연구와 이 과제에서 집중 투자 과제를 선정하여 추진하는 본격 연구로 단계적으로 추진하며, 문부과학성이 정하는 영역에 근거하여 공모함

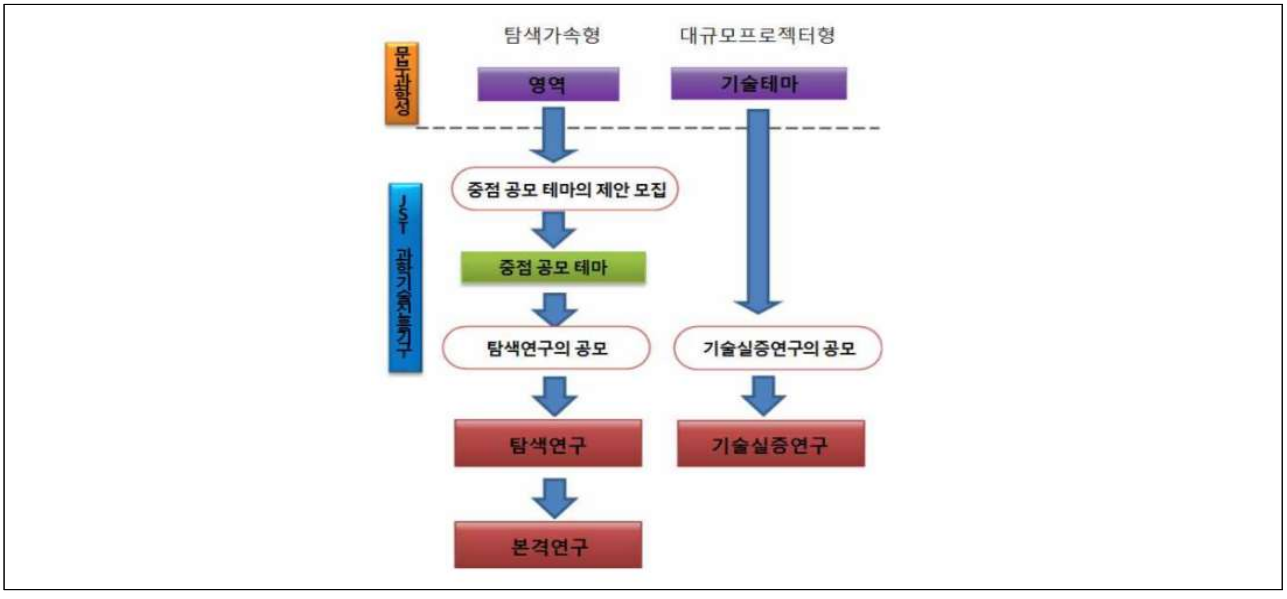
➟ 탐사연구는 많은 참신한 아이디어를 공모하고 도입하고 본격 연구를 향해 아이디어의 실현 가능성을 파악하기 위한 연구개발을 실시

➟ 본격연구는 탐사연구에서 본격연구 실시기간 중 스테이지 게이트 평가*를 실시하여 연구개발과제를 좁히는 것으로 최적의 연구개발과제를 편성

* 스테이지 게이트 평가 : 연구 개발 기간을 복수의 스테이지로 나누어 각 스테이지에서의 연구 개발 과제의 속행 또는 종료를 결정하는 평가

- 대규모 프로젝트형은 과학기술이노베이션에 관한 정보를 수집·분석하고, 현재의 기술체계를 바꾸어 미래의 기반기술이 되도록 문부과학성이 특정한 「기술 테마」에 관한 연구개발과제를 공모하고 집중적으로 투자

<표 3-74> 미래사회창조사업 중점 추진 영역 및 흐름



영역	내용
차세대 정보사회 실현	• 현실 세계에서의 다양하고 신뢰성이 높은 데이터를 수집하여 다양한 물건과의 제휴에 의한 새로운 가치의 창조나 불확실 · 비연속적인 변화에의 즉각적인 대응을 가능하게 한다 차세대 정보사회의 실현을 목표
현재화하는 사회 과제 해결	• 신형 코로나바이러스 감염과 같은 공중위생 위기나 예상을 넘어선 재해, 저출산 고령화 문제, 기후변화 문제, 지방과 도시 문제, 식량 문제, 자원 문제, 인프라 노후화 문제, 자연재해 위험 등 사회 문제의 해결을 목표로 한 영역
개인에 최적화된 사회 실현	• 개인의 이동이나 상습관, 생활습관 등의 행동양식이 물리적 공간이나 시간 등의 제약으로부터 해방되어 다양하게 적용됨에 따른 물건이나 서비스가 다양한 유저에 최적화된 사회의 실현을 목표
슈퍼 스마트 사회 실현	• 네트워크 및 IoT를 활용하는 방안을 제품 제조 분야의 산업뿐만 아니라 다양한 분야로 확장 연구 개발과 울트라 스마트 사회에서 글로벌 경쟁력을 유지 · 강화 해 나가기 위한 기반 기술 강화 등을 대상으로 하는 영역 • 또한, 위성 측위 위성 원격 탐사 위성 통신 · 위성 방송에 관한 우주 관련 기술 등을 대상
지속 가능한 사회 실현	• 자원, 식량의 안정적 확보, 초고령화, 인구 감소 사회 등에 대응하는 지속 가능한 사회의 실현, 제조 코트 만들기의 경쟁력 향상 생물 다양성에 대한 대응 등을 대상으로 하는 영역 • 또한 해양의 지속 가능한 개발 · 이용 등에 도움이 해양에 관한 기술 등을 대상
세계 제일의 안전 · 안심 사회의 실현	• 자연재해에의 대응, 식품 안전, 생활환경, 노동 위생 등의 확보, 사이버 보안의 확보, 국가안보상의 과제에의 대응 등을 대상으로 하는 영역
지구 규모 과제인 저탄소 사회 실현	• 2050년 온실가스의 대폭 감축을 위해 에너지의 안정적인 확보와 에너지 이용의 효율화 등을 대상으로 하는 영역
공통 기반	• 새로운 학제 분야를 개척하고 세계 최첨단 연구 성과를 초래하는 기반으로서 기초 과학력을 지원하고 지속적인 과학 기술 혁신의 창출에 공헌하는 광범위하고 다양한 연구 개발 활동을 지원하는 공통 기반 기술이나 첨단적인 연구 기기 등을 대상

* 출처 : 미래사회창조사업 홈페이지 내용 재구성

라. 중국

❑ 「14차 5개년 규획(2021~2025)」을 통하여 과학기술 자립·자강을 국가 발전의 전략적 기반으로 삼아 과학기술 혁신 추진 계획을 발표('21)

❍ 중국은 기술혁신을 통한 현대화 산업체계 구축을 '24년 1순위 과제로 선정하며 과학기술 혁신 강화의 중요성을 강조

- '24년 제2차 중국인민정치협상회의와 전국인민대표대회에서 '과학기술은 국가성장의 지침' 임을 강조하며 과학기술 R&D에 3,710억 위안 투자를 발표

➟ 「과학기술 혁신 2030 중대 프로젝트」 와 「과학기술 혁신 선도 프로젝트」 등을 통하여 과학기술과 경제 간 심층 융합을 촉구하는 전략적 사업 수행 추진

2 해외 임무중심형 R&D

❑ 글로벌 주요국들은 기존 기술공급 중심의 연구개발에서 국가적·사회적 난제를 해결하기 위한 임무중심형 연구개발로의 전환 추세

❍ 국가난제 해결에 있어 기술혁신의 역할이 중요한 임무정책을 임무지향혁신정책[4]이라 볼 수 있으며, 이를 통해 수행되는 임무지향적 연구개발 사업들은 대부분 과학기술의 축적을 통해 성과 도출

- 대부분의 국가에서 임무지향적 연구개발 사업을 위한 제도적 기반 마련과 연구개발 수행의 유연성을 확보하고 수행하는 것으로 파악

❍ (임무 프로그램) 국가·사회적 난제* 해결을 위한 글로벌 주요국들의 임무 프로그램은 명확한 임무 수행을 위한 달성 목표 수립 후 진행

* ①고령화, ②기후변화, ③보건, ④식량 안보, ⑤에너지 안보, ⑥환경적 지속가능성 등

<표 3-75> 글로벌 주요국들의 임무중심형 R&D 사업

국가명	임무중심형 R&D 지원 사업	출범 시기
네덜란드	• Top Sector	2011
	• Delta Programme	2011
노르웨이	• CLIMIT	2005
덴마크	• Grand Solutions	2014
독일	• Forschung für Nachhaltigkeit	2005
	• Nationalen Klimaschutz Initiative	2008
미국	• Cancer Moonshot	2017
	• Better Plants Program	2009
스웨덴	• Strategic Innovation Programmes	2008
영국	• UKRI Industrial Strategy Challenge Fund	2017
오스트리아	• Future Mobility Programme	2012
	• City of the Future	2013
	• KIRAS	2006
일본	• Moonshot R&D	2020
	• 스마트시티 사업	2018
캐나다	• Challenge Programs	2019
호주	• Medical Research Future Fund Research Missions	2016

* 출처: 국가난제 해결을 위한 주요국 임무프로그램 분석과 시사점(제315호), 과학기술정책연구원, '23.10.16.

4) 국가난제 해결을 위한 주요국 임무프로그램 분석과 시사점, 과학기술정책연구원, `23.10.

3 국내 도전·혁신형 R&D

가. 혁신도전형 국가 R&D사업 협의체 개요

❑ 정부는 혁신도전형 R&D 사업을 세계 최고 또는 최초 수준을 지향하여 실패 가능성은 높으나 성공 시 혁신적 파급효과를 이끌어낼 수 있는 R&D 사업으로 정의

<표 3-76> 주요 혁신적·도전적 R&D 개념

용어		정의	출처
HRHR 연구	정의	• 과학기술적 또는 사회적 도전에 대한 해결책을 모색하고, 기존 패러다임을 혁신적으로 전환하는 연구로서, 높은 수준의 참신함을 요구하고, 큰 변혁적 잠재력과 실패의 위험이 높은 연구	OECD
	사례	• ❶장기간 혹은 광범위한 분야에서 변혁적 결과를 생산할 수 있는 잠재력을 가진 연구, ❷중대한 국가적 필요를 다루는 연구, ❸분야가 매우 참신하거나 많은 다양한 분야에 연관되어 있어서 전통적인 동료평가 방식과는 잘 맞지 않는 연구	미국 경쟁력법
변혁적 연구		• 기존의 주요 과학 또는 공학 개념에 대한 이해를 근본적으로 변화시키거나, 새로운 패러다임 또는 과학 또는 공학 분야를 창출할 수 있는 잠재력을 가진 아이디어를 통한 연구	미국 NSF
문샷 싱킹		• 10%의 개선이 아닌 10배의 진보를 가져오는 도전적인 목표로 당면한 문제를 근본적으로 재구성하는 것으로서, 큰 문제(Big Problem), 급진적 해결책(Radical solution), 획기적 기술(Breakthrough Technology)이 핵심 구성요소	Astro Teller

* 출처: 혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안(안), 과학기술정보통신부, '24.03.15.

❍ 혁신·도전형 R&D 사업분으로 ①파괴적 혁신기술형, ②초격차·신격차형, ③창의도전형으로 세부유형을 정의하였으며, 동 사업의 시범사업인 한계도전 R&D 프로젝트를 파괴적 혁신기술형으로 분류

<표 3-77> 파괴적 혁신기술형 관련 주요 내용

용어	정의
정의	• 글로벌 산업과 시장의 판도를 바꾸거나, 범지구적·사회적 난제를 해결할 수 있는 파괴적 혁신기술개발에 도전하는 사업
지원영역	• 현존하지 않는 새로운 기술 등 기술적 돌파성, 원천성을 가지는 기술개발
추진체계	• 과제기획·평가 등에 전권을 가진 (DARPA형) IPL 중심의 관리체계

나. 과학기술정보통신부

(1) STEAM 연구사업(미래융합기술 파이오니어)

❑ 사업 개요

❍ (사업목적) 신기술·산업 패러다임 창출 또는 변화를 유도할 수 있는 임무 중심 핵심원천기술 개발을 위한 융합연구 지원

- 임무 중심 변혁적 융합R&D를 통한 차세대 성장동력 확보

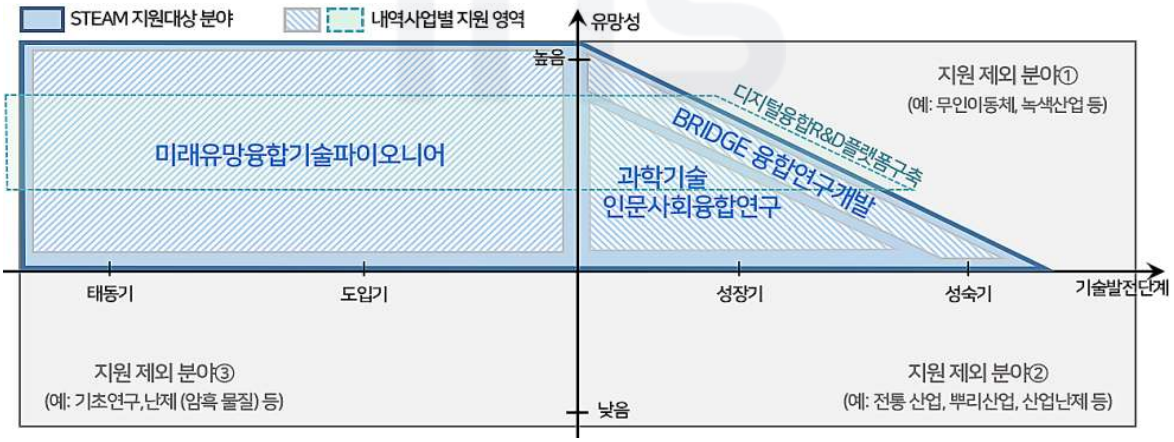
➡ NT, BT, ET, IT 등의 이종기술간의 융합을 통해 고위험-고수익 (High-risk, High-return)형 융합원천기술 개발

❍ (지원분야) 현재 기술로는 해결이 어려운 임무에 대한 기술 해결책을 제시하기 위해 여러 분야 과학기술·집단의 융합연구 지원

➡ 경쟁형 과제로 절대평가를 통해 검증된 과제들에 대해 2단계 심층 연구 지원

- (전략형) 5~10년 후 미래에 필요하고, 2개 이상 기술분야 간 융합연구를 통해서만 해결 및 선도가 가능한 미개척분야 지원

- (도전형) 도전적인 연구주제에 대해 해결 가능성을 검증하고(1단계), 절대평가를 통해 검증된 과제들에 대해 Scale-up 연구 지원(2단계)



<그림 3-11> STEAM 연구사업(미래유망융합기술파이오니어) 지원 분야

❍ (지원방향) 현존 기술로 해결이 어려움 임무에 대한 기술적 해결책을 제시할 수 있는 기술 집단 간 융합연구 과제 지원

➡ 유망성이 높은 미래유망분야 중에서 정부 및 산업계의 관심 부족으로 R&D활동이 미진하거나(미성숙), R&D지원이 부족한(공백) 영역에 해당하면서, 국가의 전략적 육성 방향과도 부합하여 재정 지원이 필요한 분야

❍ (지원방식) 개방형 기획 및 과제별 자율성 보장

- (전략형) 산·학·연, 2단계 기업 참여 필수

➡ 현재 기술로는 어려운 임무 수행을 위한 파이오니어융합연구단(PRC, Pioneer Research Center) 구성 및 2단계 기업 참여 필수

- (도전형) 산・학・연, 1단계 소규모 그룹연구 → 2단계 중소규모 그룹연구

➡ 미개척 과학난제 해결 임무중심 기초과학과 공학 간 융합연구

❍ (지원 기간 및 규모) '08년~ 계속 과제, 경쟁형 과제로 1단계 평가 후 2단계 진입 시 50% 내외 과제만 2단계 지원

- (전략형) 과제당 5년 내외(2+3)

➡ (1단계) 과제별 평균 6억 내외/년, (2단계) 과제별 평균 12억 내외/년

- (도전형) 과제 당 6년 내외(2+2+2)

➡ (1단계) 과제별 평균 4억 내외/년, (2단계) 과제당 평균 8억 내외/년, (3단계) 과제당 평균 12억 내외/년

❍ (전략형 과제별 성과목표) 원천특허 포트폴리오+@(기술이전 일정 규모 이상, 스마트A 특허 등)

- 직・간접적 산업 적용이 가능한 기초・원천기술

- (부가 성과목표) 연구자 필수 선택, 과제 특성에 부합되는 성과유형 및 지표 택일 이상

➡ 자율적 성과목표 수준 설계 이후 선정평가 시 목표치의 도전성 평가 수행

❍ (추진체계) 융합기술 수요조사에 기반한 소규모 연구단 다수 지원

- (수행주체) 산・학・ 연・병원 모두 가능, 2단계부터 기업 참여 필수

❑ 사업특징

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

- 기술 융복합을 위한 소규모 집단연구, 주기적으로 연구단을 선정하여 지속 지원

❑ 변혁적 기술 확보의 한계

① 해당 사업의 주된 목적은 혁신적 기술 확보도 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 관리 방식을 따르고 있으며, 포트폴리오 과제 관리 방식은 未 도입

* 선정된 과제는 4.5년은 지속적으로 지원하며, 경쟁형 방식 등 미적용

(2) STEAM 연구사업(과학난제도전 융합연구개발사업)

❑ 사업개요

❍ (사업목적) 기존 연구에서 풀지 못했거나 시도하지 못했던 과학난제를 돌파(Breakthrough)*하거나 세계 최초로 시도하는 연구를 지원하여 도전·혁신적 과학기술 성과 창출

* 돌파형(breakthrough) 연구는 학문 분야별 경계를 넘어선 연구 질문에 초융합 접근방법을 사용하여 해답을 찾는 연구 방식

- 기초과학-공간 간 융합으로 과학난제* 도전에 글로벌 리더십 주도 및 인류 공동의 난제 해결로 공영가치 기여

* 기존 연구에서 풀지 못했거나 시도하지 못한 것, 새롭게 등장한 글로벌 이슈 등

❍ (지원분야) 기초과학과 공학 간 융합연구를 통해 해결 및 선도가 가능한 과학난제 분야

- 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

- (과제별 임무) 3대 임무와 관련된 과학난제에 대한 융합연구 수행

➟ '24년 3대 임무: ①기초과학의 새로운 패러다임 제시, ②차차세대 기술 예측, ③앎의 지평 확장

* `23년 4대 임무: ①과학기술 패러다임 변화 대응, ②지속가능한 기후·환경체제 구축, ③인류 건강 증진, ④상상력 한계의 도전

❍ (지원방식) 과학난제 해결의 실마리가 될 수 있는 개념 증명(PoC, Proof of Concept)을 위해 공동 밀착(융합)연구가 가능한 이종 분야 융합

❍ (지원 기간 및 규모) 총 4년 6개월, 총 90억 원 지원(20억 원/년)

* 소규모 그룹 연구를 통해 난제의 적절성을 검증한 이후, 학문 분야·기술단계·R&D수행주체 등 폭넓고 다양한 융합을 촉진할 수 있는 방향으로 지원 구조를 개선

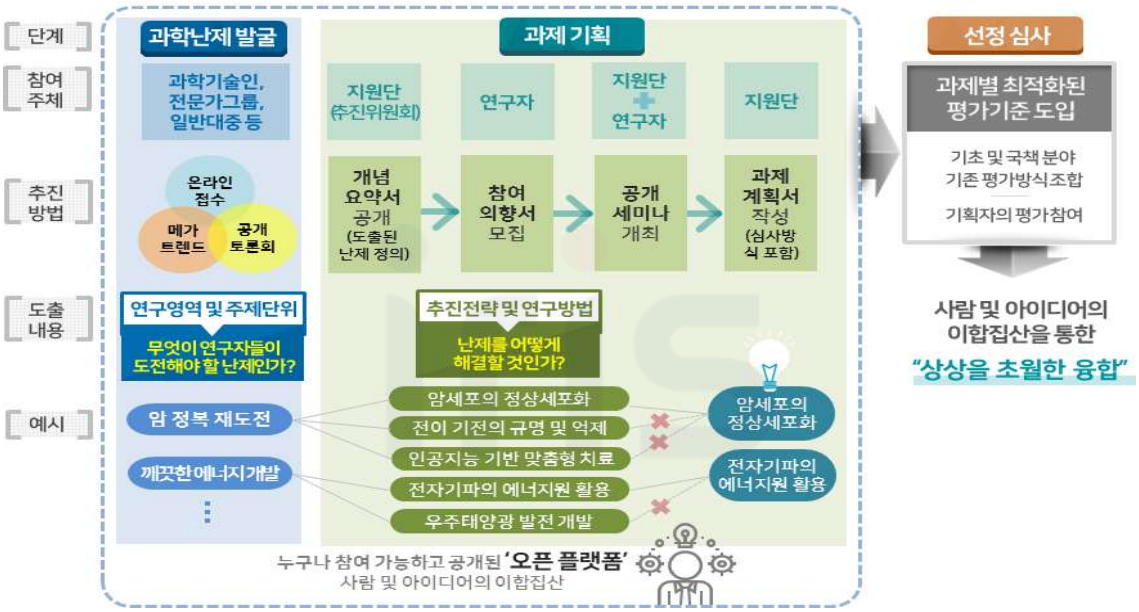
- 각 단계를 거치면서 검증된 소수 과제들만 계속 지원되는 구조(Down-Selects)로 경쟁을 통한 혁신 창출

❍ (추진체계) 연구책임자 중심의 소규모 그룹 융합연구(7인 이상 참여 불가)

❑ 사업특징

❍ (특징) 오픈 R&D 플랫폼을 지향하여, 소규모 집단연구를 통해 과학난제를 해결하려 하나, 시장과의 관련성 낮음

- (집단지성) 집단지성을 적극 활용하여 과학난제에 대한 새로운 관점의 문제 인식과 접근 가능성을 제시하고, 연구자 간 협업의 기회를 최대한 확대
- (개방·공유) 공개 소통을 통해 보다 진보된 연구제안 또는 참여자 간 새로운 융합 제안을 유도하는 오픈 사이언스 생태계를 구축, 과학난제 해결 기반 확충
- (도전적 융합) 공개세미나, 오픈플랫폼, 성과발표회 등을 통한 다양한 기회를 제공하며 고위험-도전적 특성 기반 난제 도전 연구 방식을 장려하기 위한 혁신적 제도 운영



<그림 3-12> STEAM 연구사업 지원 분야

❑ 변혁적 기술 확보의 한계

① 고위험의 난제 해결을 목표로 하지만, 혁신적인 기술 확보보다는 새로운 지식의 발견과 학문의 지평을 여는 내용이 중심

➟ (주제) 암 재발 방지, 면역 조절, 기초연구·공학 융합, 생명 원리 연구 등

② 과제 발굴은 '과학난제 도전 협력지원단'에서 하지만 이후의 연구관리는 기존의 전문기관(한국연구재단)에서 기존의 방식으로 관리

(3) 혁신도전 프로젝트

❑ 사업개요

❍ 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도 산업 창출

❍ (연구테마) 미래 사회·경제적 파급력이 큰 혁신적·도전적 R&D 사업 기획을 위해 관계부처, 산업계, 학계, 연구단체 등을 대상으로 연구테마 공고

➟ 선정된 테마는 혁신도전프로젝트 추진단에서 상세 기획을 지원하고 기획 완료 후 국가 R&D 예산 편성 우대

- (발굴 분야) ①건강하고 행복한 100세 시대 실현, ②안전하고 쾌적한 사회 구현, ③대한민국 경제의 지속 발전

- (발굴 범위) 혁신적·도전적으로 문제를 해결하고 실패 가능성이 높으나 성공 시 파급효과가 매우 큰 연구테마

➟ 문제정의로 시작하여 임무설정 → 연구 수행 → 현장 적용까지 임무 지향적 기획이 가능한 연구 테마

- (조사대상) 국가 차원의 선제적 해결이 필요한 연구 주제

➟ 총 사업비 100억 원이상이며, 사회·경제적 문제 해결을 위해 필요성이 큰 과학기술영역 신규 국가연구개발사업 연구테마

* 기술 기술의 단계적 개량을 통해 달성 가능한 연구테마 가급적 배제

* 아이디어 검증을 위한 탐색형(비예타규모)과 아이디어 검증에서 사업화·실증까지 포괄하는 패키지형(예타규모)으로 유형 구분

❍ (지원 방향) 초고난도의 연구 목표 하에 문제정의로 출발하는 임무 지향적 기획 수행, 민간PM의 전문적인 관리와 유연한 연구방식을 통해 효율성 극대화

❍ (지원 방식) 혁신본부 주관 하에 매년 5개 씩, 4년간 총 20개 사업 기획, 기획완료 이후 R&D 사업은 개별부처 예산에 반영하여 별도 추진

❍ (지원 기간 및 규모) 총 4년('20~'23년)으로 연간 50억 원

❍ (추진 체계) 추진단장은 사업목적에 부합하는 사업 기획, 사업단장은 연구테마의 과제 구성 및 관리

➟ (추진위원회) 혁신도전 프로젝트의 주요 사항을 논의하는 민관 합동 위원회

➟ (추진단장) 혁신도전 프로젝트 전체 총괄 관리자(=총괄PM)

➟ (사업단장) 개별 R&D 사업의 전담 관리자(=전담PM)

❑ 사업특징

❍ (특징) 추진단장 중심의 추진단과 사업단장 중심의 프로젝트 간 연계를 통한 제도개선사항 발굴 및 사업단장(전담PM) 주도의 연구관리

- 부처 칸막이를 넘나들며 문제해결에 집중, 민간 전문관리자의 사업관리, 유연한 연구관리제도 도입

❍ (추진 내용) 추진단은 과제기획, 주관·참여부처는 사업단 운영을 지원하여 각 사업단장이 사업별 기획·선정·평가 등 R&D 全주기 관리

- (연구테마 발굴 및 사업기획) 추진 단장 주도로 과학기술 커뮤니티의 의견을 수렴하여 연구테마 발굴 및 신규 R&D 사업 기획

➟ (탐색형) 독창적인 프론티어 연구를 위한 탐색형(단기) 사업으로 개념검증이 필요한 독창적인 아이디어를 바탕으로 한 연구테마의 경우 실패할 가능성이 있지만 과감히 도전할 수 있도록 개념검증 단계까지 지원하여 가능성에 대한 검증 후 다음 단계로 추진

➟ (패키지형) 아이디어 구현에서 사업화·실증을 연계한 패키지형(중장기) 사업으로 선행연구를 통해 개념검증이 일정 부분 진행된 연구테마는 연구 개발 및 실증까지 패키지화하여 대형 예타사업(도전혁신형)으로 기획·추진

❑ 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

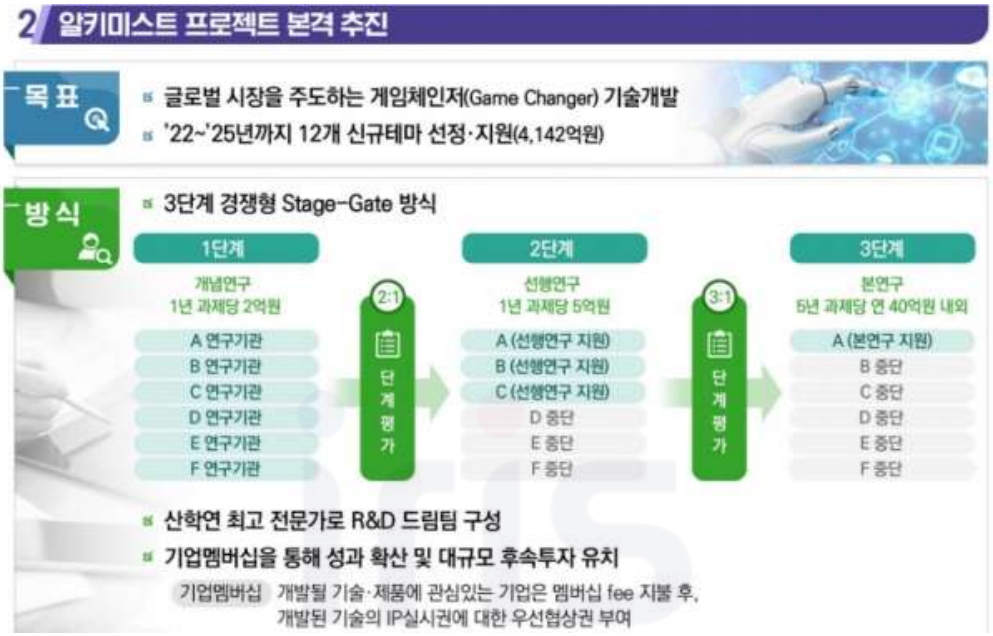
다. 타부처

(1) (산업통상자원부) 산업기술 알키미스트 프로젝트

❑ 사업개요

❍ (사업목적) 미래 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제적·사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천기술개발을 통해 새로운 시장 및 산업영역 창출

- 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 핵심원천기술 개발을 통해 미래 신산업·신시장 창출



* 출처: 산업통상자원부

<그림 3-13> 알키미스트 프로젝트 목표 및 방식

❍ (지원대상분야) 지원 테마와 관련된 산업기술 全분야를 대상으로 지원 수행

➟ 창의적 R&D 수행을 위해 테마의 개념 및 범위만 제시하고, 해당 테마 내에서 세부 연구개발과제 및 방법은 연구자가 자율적으로 제안하는 자유공모 실시

- (연구테마) 현재 기술 수준을 뛰어넘어 기존 시장에 얽매이지 않고 신산업을 창출할 수 있는 와해성 기술(disruptive technology), 게임체인저(game changer) 기술을 목표

➟ 산·학·연 권위자로 구성된 그랜드챌린지위원회에서 3개월간의 집중 토론을 거쳐 테마 선정 기준에 따라 발굴·기획

➟ 그랜드챌린지위원회 산하 워킹그룹을 운영하여 후보테마의 기술적 전문성 보완과 테마별 상세 기획 진행

❍ (사업 기간 및 규모) 10년('22~'31년) 간 4,412억 원(국비 3,742억 원) 지원

- ('24년) 극한 반도체, 차세대 휴머노이드, 초연결 지능제조 플랫폼 등 신규 연규테마 3개가 선정되었으며, 7년간('24~'30)간 총 671억 원 규모의 지원 예정

❑ 사업 특징

❍ (경쟁형 R&D) 총 3단계 경쟁형으로 과제를 수행하여, 최종단계(본연구)에서는 테마 당 1개 과제만 지원하는 방식으로 사업 수행

- (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 6개 과제 지원, 2단계는 1단계 6개 과제 중 3개 과제 선정 지원, 3단계는 최종 1개 과제만을 지원

  ➟ 1단계 개념연구는 1년간 2억 원, 2단계 선행연구는 1년간 5억 원, 3단계 본연구는 5년간 연 40억 원 내외 등 과제당 최장 7년, 최대 207억 원 내외를 지원

<표 3-78> 산업기술 알키미스트 프로젝트 주요 내용

구분	1단계	2단계	3단계
지원내용	개념연구	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

❍ (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

❍ (기업멤버십) 산업계 수요를 적극 반영하기 위한 기업멤버십 프로그램 운영

- 기업의 참여유도를 통해 수요자 중심의 연구개발을 추진하고 사업화 성과 창출 도모를 위하여 선행연구(2단계) 기간부터 개발될 기술·제품에 관심을 갖는 기업을 모집하고 멤버십을 운영하여 개발된 기술의 IP 실시권의 우선 협상권을 부여

❑ 변혁적 기술 확보의 한계

① 최종적인 목표는 도전적·혁신적이나, 개별기술에 대한 접근은 점진적인(incremental) 연구개발 수준에 가까움

- 모델 제작 등 산업적 목표 달성을 중점목표로 하여, 핵심 원천기술 개발을 위한 충분한 시간적 지원은 미흡한 것으로 분석됨

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



* 출처: 고위험/고수익 연구를 육tjd하기 위한 효과적인 정책, OECD, 2021.05.

<그림 3-14> 고위험·고부가가치 연구 지원 분류(OECD)

② 기존의 전문관리기관(산기평)이 수요 발굴, 평가위원회 운영, 성과활용 등을 전담하여 기존 R&D 체계의 관리방식을 유지

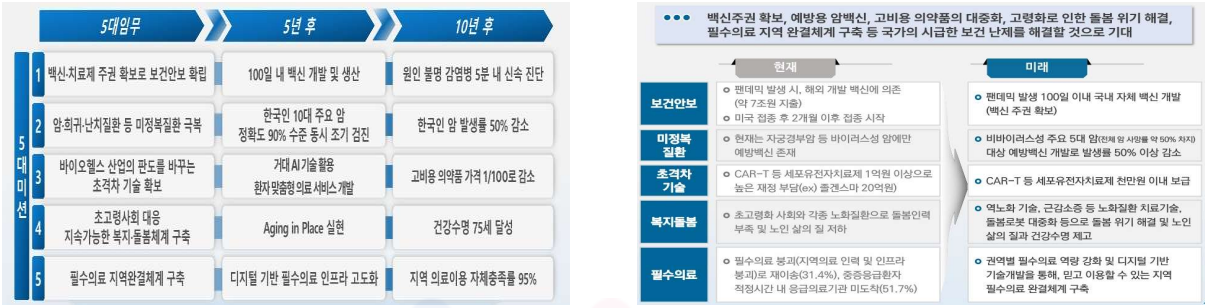
- PM이 과제 선정 이후에 선임되어 프로그램 기획과 관리가 통합·유기적으로 연결되지 못할 위험 존재

(2) (보건복지부) 한국형 ARPA-H 프로젝트

❑ 사업개요

❍ (사업목표) 넥스트 팬데믹, 초고령화, 필수의료 위기 등 국가·사회가 당면한 보건·의료분야의 난제를 해결하기 위해 고비용·고난도이나 파급효과가 큰 임무중심형 연구개발을 추진

- (사업목적) 보건안보 확립, 미정복질환 극복, 바이오헬스 초격차 기술 확보, 복지·돌봄 개선, 필수의료 지역완결체계 구축 5개 분야의 도전적 문제 해결
- (사업방향) 글로벌 기술경쟁 우위 선점과 국가 보건 난제 해결 추진



<그림 3-15> 한국형 ARPA-H의 미션에 따른 미래상

❍ (사업규모) 10년('24년~'33년) 동안 1조 1,628억 원 규모의 지원 예정

- '24년 495억 원의 예산 지원을 통한 도전·혁신적 R&D 수행

❍ (사업특징) PM 중심 신속 결정으로 First Mover 연구, 고위험·고수익 원칙 下 도전적 연구 장려, 임무 달성을 위한 최적 전략 수립 지원

- 관료제를 최소화하여 PM(Project Manager)을 중심으로 유연하고 신속하게 연구과제를 관리하며, 혁신적 연구성과 창출을 위해 해외 우수기관과의 글로벌 협력 지원 수행
- 팬데믹 등 보건안보 위기 상황이 발생할 경우 신속히 연구개발에 착수하여 대응 역량을 제고할 수 있도록 신속 대응 체계(Fast Track)를 구축 추진 예정이며, 성과 공개 발표를 통한 프로젝트 운영 결과 공개 추진



<그림 3-16> 한국형 ARPA-H 프로세스

❍ (추진전략) 실패를 두려워하지 않는 보건의료 R&D 혁신체계 수립을 위하여, ①PM 중심 혁신성, ②유연성·적시성, ③실패용인을 추진 전략으로 사업 추진

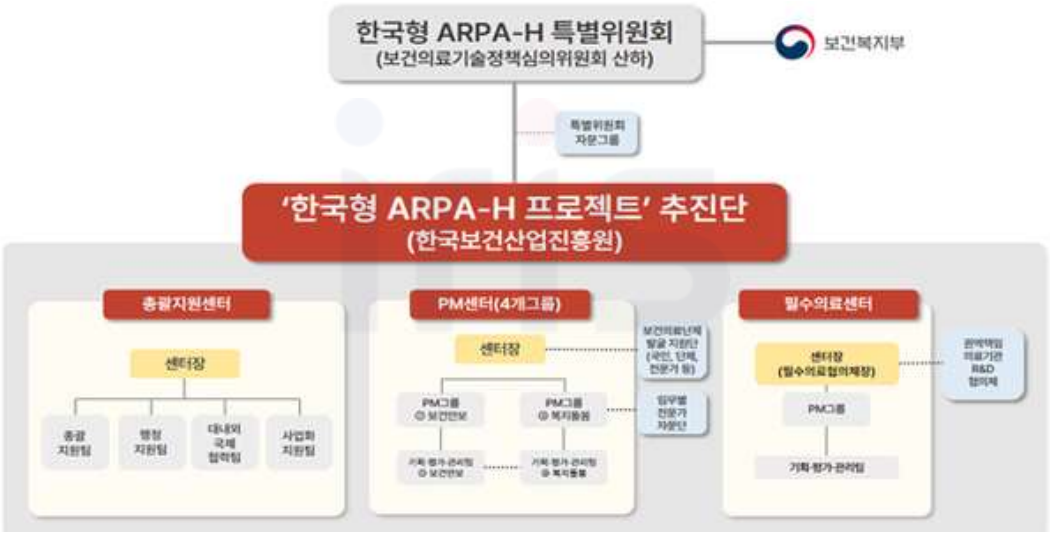
- (PM 중심 혁신성) 혁신적인 기술개발을 위해 분야 최고 전문가 PM에게 책임성과 자율성을 부여하여 PM이 기획부터 성과 확산까지 전주기를 주도

➡ 보건의료 임무 해결을 위해 도전적 문제를 발굴하고, 이에 대한 해결을 위해 프로젝트를 기획, 평가, 성과 관리 수행

- (유연성 및 적시성) 단계별 연구과제 Go/No-Go 리뷰를 통해 지속이 어려운 과제는 조기 중단하고, 중단된 과제의 차년도 예산은 프로젝트 목표 달성을 위해 대안과제나 타 프로젝트에 사용

➡ 임무·프로젝트·과제 간 연구비 및 연구기간에 탄력성을 부여하여 사업 운영의 탄력성을 확보하고 보건안보 위기 상황 시 신속히 대응할 수 있는 체계 확보

- (실패 용인) 성공가능성이 낮아도 파급효과가 큰 과제들이 다수 선정될 수 있는 프로세스 구축



<그림 3-17> 한국형 ARPA-H 프로세스 추진체계

3 국내외 R&D 동향 주요 시사점

❑ 해외 주요국들은 변혁적 기술개발을 통한 기술 패권경쟁 우위를 점하기 위한 연구개발프로그램을 이미 추진하고 있음에 따라, 우리나라의 혁신·도전형 연구개발 사업 필요성 증가

❍ 주요 선진국은 연구개발 분야를 유지하며 혁신적 원천기술을 확보할 수 있는 장기적 관리체계를 구성

- 과학기술이 산업화로 중단 없이 연결되는 프로그램을 운영하며, 연구개발 분야를 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

❑ 기존 연구개발 시스템의 문제점을 분석하고 변혁적 기술개발을 위한 선도형 연구개발 체계 구축이 필요

❍ 우리나라 또한 장기적 관점에서 원천기술을 축적·활용할 수 있는 R&D 전략의 도입이 필요하나 기존의 시스템으로는 한계 존재

- 우리나라의 지원센터는 정부지원 종료 후 성과 연계 및 지속성 확보 실패로 축적된 성과의 단절 사례가 심각하며 정부 지원의 종료와 함께 대학 거점도 해체되어 그간의 축적 연구역량이 활용되지 못하고 사장화
- 도전·혁신형 사업은 추진되고 있으나, 추진체계 및 방식에 있어 기존 R&D 사업과 차별화된 관리방안이 도입되지 못하고 있음



<그림 3-18> 국외 혁신도전형 사업의 주요 주제 선정 현황

4절. DARPA 벤치마킹 요소 분석

1 DARPA의 성과창출 과정

❑ DARPA는 전문가의 함정에 빠지는 것을 막고 분야·기술 간 칸막이를 제거하기 위하여 자체 연구소를 설치하지 않았으며 PM의 주체적인 활동을 통하여 연구를 수행

❍ (PM: Program Manager) PM은 임무(문제)를 명확히 설정하고 주체적인 활동을 통하여 실패의 가능성이 크지만 파급효과가 큰 변혁적 연구를 수행

- PM은 임무 설정, 과제 발굴 및 선정, 연구팀 구성, 예산 운용, 연구 평가 등 R&D 운영과 관련된 전권을 부여받는 무한한 자율성을 보장받되 연구개발 全 주기 관리에 신뢰를 강조하며 자율성에 대한 책무성이 강조

➟ PM은 상상력과 입증된 전문지식을 활용하여 혁신적인 아이디어와 기술을 창출해야 하며, 3~5년의 짧은 임기 기한 동안 목표를 달성해야 하는 긴급성을 지님

<표 3-79> 프로그램 관리자 역할

구분	주요 내용
(DARPA) PM	• 연구 프로그램은 PM 주도하에 Bottom-up으로 정의·제안 -(기획) 기술실별 PMD의 주도하에 커뮤니티 리더들과 소통과 조사를 통해 수행 -(과제 선정) PM의 평가자 선정(PM이 평가자가 될 수 있음) -(보고서 검토) PM가 매월 기술평가와 연2회의 프로그램 통합평가를 실시하겨 각 단계별로 Go/No-Go 평가 실시
(NSF) PD	• 분과 내에서 운영하는 핵심 프로그램 담당자로 해당 프로그램의 장기적 연구계획과 예산 계획을 수립 -(기획) 핵심프로그램별 5명의 PD 주도하에 자문단 활동을 통한 기획 수행 -(과제 선정) PD의 재량에 따라 평가자를 선정 -(보고서 검토) 과제별 담당 PD가 연차보고서와 최종보고서를 검토 및 승인

- (PM 교육) DARPA는 연구 환경에서의 학습과 동료들과의 상호작용을 통한 지식 및 경험의 전달을 중시하여 교육을 위한 공식적인 프로그램은 없는 것으로 나타남

➟ DARPA는 인턴십을 제공하진 않으나 군 장교와 민간인을 대상으로 팔로워십 프로그램(SCFP)을 운영하여 최첨단 연구개발의 인식 향상과 전문성 고취를 수행

➟ 변혁적 연구개발에 주체적·주도적 역할을 수행하는 PM 역할의 중요성에 대한 인식이 부족함*에 따라 PM의 역할 수행에 있어 도전적인 임무 설정과 분야별 산학연 전문가 네트워크 구축, 책무성 강화를 위한 교육의 장 필요

* 도전·혁신적 R&D 사업 기획을 위한 설문조사에서 국책연구책인자들은 3위, 기초중견연구수행자들은 4위로 PM 중심의 R&D 전주기 관리가 중요하다고 인식하여 과제를 기획하고 관리하는 PM에 대한 인식이 부족한 것으로 판단됨

❍ (기획) DARPA PM은 과제기획, 선정평가 및 선정(안) 추천 시 주도적 역할과 상당한 재량권을 보유하며 프로그램 기획에 있어 Seedling 및 DARPA Challenge 등을 수행할 수 있음

- DARPA의 PM은 아이디어 발굴 → 프로그램 초안 도출 → BAA(안) 작성 → 평가팀 구성 → 평가결과 검토 등 사업 기획 프로세스 전반을 주도

➟ DARPA는 기초 및 응용연구를 지원하며 최신 기술의 진보 또는 지식과 이해의 증가를 위한 과학적 연구나 실험 지원을 주목적으로 하는 BAA와 유사하나 구매계약을 진행하지 않는 RA를 주 사업 추진 방식으로 진행

➟ 미국의 국립과학재단(NSF)은 대학을 통하여 연구자를 지원하고 있으며, 소형·장기적 연구지원을 통하여 기초연구에 집중할 수 있는 환경을 제공하는 것에 반하여, DARAP는 기초연구에서 나온 아이디어(기초기술)을 발굴하여 상용화, 사업화 이전 단계의 실용적인 문제해결 기술개발을 지원

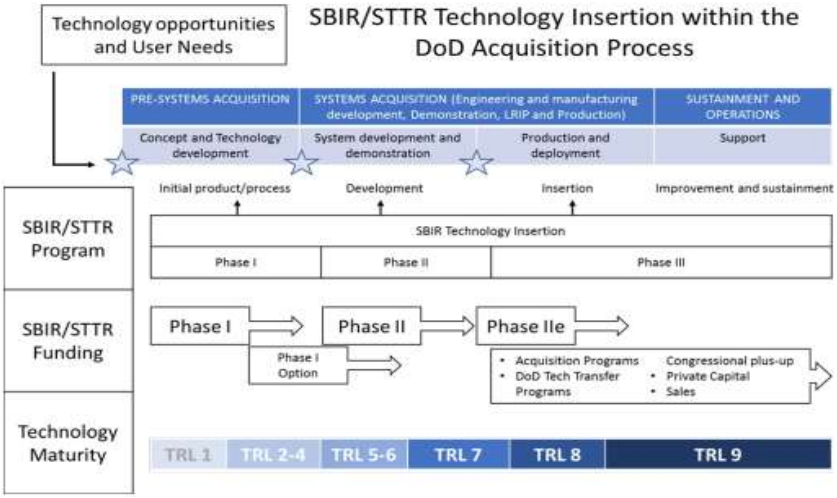
2 DARPA의 PM 역할 및 벤치마킹 요소

❑ PM이 변혁적 기술개발에 집중할 수 있도록 하는 행정적 지원과 연구개발을 통해 창출된 변혁적 성과의 확산을 위한 지원 수행

❍ (T2M: Tech to Market) 기존 기초연구 및 국가연구개발사업의 사업화가 과제 성공률에 비해 미흡함을 개선하기 위하여 DARPA의 상용화 요소를 벤치마킹

- 개발기술의 실현화 및 사업화를 지원하기 위한 지원팀을 구성하여, 연구개발의 성과가 사회적·경제적 가치로 전환되기 위한 스케일업(Scale-Up) 지원을 수행

➟ DARPA는 중소기업 혁신 연구(SBIR)와 중소기업 기술이전(STTR) 전환 및 상용화 지원 프로그램(TSCP)을 통하여 개발 기술의 잠재력을 높이기 위한 상용화 계획 및 구현 활동을 지원



<그림 3-19> DARPA의 SBIR/STTR 프로세스

➟ DARPA를 벤치마킹한 ARPA-E에서는 개발기술에 대한 상용화 계획을 'Technology to Market' 팀을 통해 구축

<표 3-80> ARPA-E의 기술사업화(Technology to market)팀의 주요 내용

구분	주요 내용
구성(Program Formation)	• T2M팀은 개발될 기술이 시장 요구에 부합하고 목표 시장 부문에 중요한 상업적 지표를 충족하는 경로를 보여줄 수 있도록 새로운 프로그램의 형성 및 발표를 지원
선정 및 협상(Project Selection & Negotiation)	• T2M Advisors는 ARPA-E FOA(자금 조달 기회 발표)에서 개발된 지표를 시장 요구 사항에 맞춰 조정 • 중요한 업계 관점과 공백 분석을 제공하여 제안서의 잠재적 격차를 식별하고 이를 해결 • T2M Advisors는 또한 T2M 계획, 지적 재산(IP) 전략, 기술 경제적 분석(TEA), 시장/제품 연구 및 전환 계획을 포함하여 모든 ARPA-E 프로젝트에 대한 엄격한 T2M 이정표를 정의
실행(Program and Project Execution)	• T2M Advisors는 각 ARPA-E 자금 지원 프로젝트와 협력하여 해당 기술에 고유한 상용화 전략을 구축하고 실행
전환(Project Transition)	• ARPA-E T2M 팀은 프로젝트 팀이 구축한 추진력을 지원하여 다음 상용화 단계로의 연계 지원
스케일업(Scale-Up)	• SCALEUP(미개발 잠재력을 갖춘 선도적인 에너지 기술을 위한 핵심 발전 시드 발굴) 프로그램을 발표 -광범위한 배포 및 상용화가 가능하다고 판단된 이전 ARPA-E 수혜자에게 추가 자금을 제공

➟ 기초연구를 수행 기관인 미국 NSF는 기초연구 성과가 신속하게 시장에 진입할 수 있도록 지원하는 TIP(Technology, Innovation and Partnership) 본부를 신설('22.3.) 하였으며 기초연구 성과의 Lab to Market 가속화를 통한 사회·경제적 과제의 해결을 추진

: 'Lab to Market' 플랫폼을 통해 스타트업을 지원하고 혁신적인 연구결과를 사회로 연결하는 경로 구축 및 공공·민간의 인재 파트너십 가속화를 수행

<표 3-81> NSF의 Lab to Market platform 주요 내용

구분	주요 내용
혁신단 (Innovation Corps)	• 대학 · 연구기관의 R&D 성과의 사업화를 추진하는 프로젝트
혁신을 위한 파트너십 (Partnerships for Innovation)	• NSF 자금을 받는 연구자들에게 실증 · 중개 연구 및 기술 프로토타입 제작 기획 제공
오픈-소프 생태계 활성화	• 분산된 오프소스 개발의 힘을 기술혁신의 엔진으로 활용
미국 시드펀드	• 잠재력은 있으나 성공은 검증되지 않은 하이테크 기업의 창업과 연구개발 자금 지원

* 출처: 미국 NSF의 TIP 본부, 기초연구 성과의 Lab to Market 촉진 노력, 국가생명공학정책연구센터, '23.11.

❍ (운영지원팀) PM은 R&D 관리·운영에 집중하기 위하여 행정적·기술적 경험 공유와 지원을 수행하는 SETA(Systems Engineering and Technical Assistance)를 프로그램에 배정할 수 있으며 한계도전 R&D 프로젝트에서도 이와 유사한 운영지원조직이 필요

- DARPA에서 SETA는 프로젝트의 원활한 수행을 위한 예산 관리, 일정 설정 등을 포함한 프로젝트 관리 지원과 기술 평가 및 리스크 관리 등을 포함하는 기술적 조언과 지원 등을 제공하며, 변혁적 연구를 위한 기술적, 관리적, 행정적 지원을 제공

❑ DARPA는 연구 수행이 아닌 도전적인 연구개발 사업의 기획·평가를 수행하는 조직으로 다양한 영역에서 연구개발 사업을 기획·주도하는 PM이 존재

❍ PM은 DARPA 혁신의 성공 요인이자 필수 요소로 여겨지며, 연구개발 全 과정에서 주도적 역할을 수행하는 PM 벤치마킹 필요

- 'DARPA는 Bottom-up 기관으로 연구주제는 PM 또는 potential PM들로부터 온다'로 칭해지며, 연구 기획 단계에서부터 PM의 중요성을 강조

<표 3-82> DARPA 소재 자료

DARPA 소개
• One major part of the answer is bottom up: DARPA program managers define and propose new programs they believe promise revolutionary change : 대답의 주요 부분 중 하나는 상향식입니다. DARPA 프로그램 관리자는 혁신적인 변화를 약속한다고 믿는 새로운 프로그램을 정의하고 제안합니다.

* 출처: https://www.darpa.mil/program/our-research/more

➟ 이에 PM의 아이디어를 단계별 정제하고 신규 프로그램으로 결정 여부를 판단하는 과정에서 대표적으로 활용되는 프로세스는 Heilmeier Catechism이며 이 질문에 답하는 과정에서 PM들은 프로그램 아이디어가 높은 잠재력, 새로움, 타당성을 입증하여야 함

<표 3-83> Heilmeier Questions

영문	국문
• What are you trying to do?	• 무엇을 하고자 하는가?(전문용어 배제)
• How does this get done at present? Who does it? What are the limitations of present approaches?	• 현재 상태는 어떠하고, 누가 하고있고, 현재의 한계점은 무엇인가?
• Are you aware of the state-of-the-art and have you thoroughly thought through all the options?	• 관련 최첨단 기술을 인지하고 있는가? 철저하게 모든 선택지를 고려하였는가?
• What is new about your approach? Why do you think you can be successful at this time?	• 제안하는 접근방식의 새로운 점은? 성공할 수 있다고 판단하는 이유는?
• Given that you've provided clear answers to ①&②, have you created a compelling option?	• ①,②번에 대해 명확히 대담하였다면, 당신만의 확실한 옵션이 있는가?
• What does first-order analysis of your approach reveal?	• 제안하는 접근법의 첫 단계 분석에서 무엇을 밝혀낼 수 있는가?
• If you succeed, wha difference will it make?	• 성공할 경우, 어떤 차이를 만들어 낼수 있는가?
• Why should we care?	• 왜 DARPA에 지원해야 하는가?
• How long will it take? How much will it cost? What are your mid-term and final exams?	• 소요 기간과 예산은? 중간 및 최종 평가는?
• What is your program plan? How will you measure progress? What are your milestones / metrics? What is your transition strategy?	• 프로그램 관리계획은?성과/진도 측정방안은? 마일스톤/측정항목은? 기술이전전략은?

* 출처: 혁신 아이콘 60년, DARPA의 평가 및 PM제도 분석, IITP, 2018.11.

- PM은 BAA(제안서) 작성을 통하여 연구자를 모집하며, Proposers Day를 개최하여 해당 기술영역에서의 도전과제와 기술적 이슈들의 해결을 위한 접근 방법을 잠재적 제안자들과 토론・소통

  ➟ 이후 PM이 선정한 평가팀(리뷰어)의 통한 평가와 PM의 검토 등을 통하여 연구과제를 선정

  ➟ 프로그램 기획은 DARPA 내・외부 아이디어 수집 → 예비연구(Seedling), 공개정보요청(RFI), 워크숍 → DARPA 내부 기획/토론/승인 → 신규 프로그램 신설 순으로 진행되며 프로그램에 참여하기 위해선 ①PM에게 아이디어 제시, ②예비연구(Seedling) 수행을 통한 연구개발 가능성 증명, ③제안서 제출을 통항 정식 기술개발 수행(본 연구) 등의 방법과 단계가 존재

- 연구과제는 진도 관리 및 결과 평가는 PM이 주관하며 필요시 마일스톤을 수정하고 성과가 부진할 경우 연구 수행자를 교체하거나 프로그램을 재구성하며 각 단계별 Go/No-Go 평가를 수행

  ➟ DARPA는 실패를 용인하는 자유로운 분위기에서 연구개발을 수행하나, 지속적으로 반복되는 실패는 지양하며 실패의 과정을 기록하여 유사한 실패를 방지

  ➟ DARPA는 실패의 과정을 통해 연구개발 과정을 축적하며, 실패를 반복하지 않고 혁신으로 나아가는 것을 지향하는 것으로 판단됨

❑ DARPA 모델의 핵심인 PM 제도를 벤치마킹하기 위해선 PM의 역할 명확화와 역할 수행을 뒷받침할 권한 부여가 필요

❍ 우리나라에서 연구과제 기획-관리-평가 全 주기를 PM 주도로 수행하기엔 어려움이 존재함에 따라, DARPA의 PM 제도를 벤치마킹하기 위해선 제도적 뒷받침 또한 필요

3 DARPA 시스템의 우수성

❑ 글로벌 주요국들은 혁신적 성과를 창출한 DARPA 모델을 벤치마킹한 도전·혁신형 R&D를 추진하며 우리 또한 벤치마킹 필요

<표 3-84> DARPA를 벤치마킹한 사례

국가명	구분	주요 내용	PM제도 도입 유무
미국	HSARPA(안보)	• (`02) 테러 대응 및 방지를 목적으로 하는 단기간 실증/개발에 초점	☑
	IARPA(정보)	• (`07) 정부수집 및 통합 분석을 위하여 다양한 방식의 토너먼트와 경쟁 위주의 연구개발 수행	☑
	ARPA-E(에너지)	• (`09) 에너지 문제해결을 위한 도전적 연구개발에 집중	☑
	ARPA-H(보건)	• (`22) 혁신적인 생물 의학 및 건강 혁신을 위한 연구개발 지원	☑
호주	ASRA	• (`22) 방위 및 국가안보를 위한 과학적 조언 및 혁신적 솔루션 제공을 위한 연구개발 지원	☑
영국	ARIA	• (`23) 고위험, 고수익 과학기술 개발을 위한 지원	☑
프랑스	DIA	• (`18) 기술수준이 낮은 기초연구를 프로젝트를 통해 높은 수준까지 혁신하는 것을 목표로 연구개발 지원	-
독일	SPRIN-D	• (`19) 새로운 파괴적 혁신을 가져올 만한 모든 과학적, 기술적, 경제적, 사회적 도전 과제에 대한 연구개발 지원	-
일본	Moonshot	• (`20) 사회, 환경, 경제 분야 목표 달성을 위한 연구개발 지원 -(`24) 기존 9개의 목표에서 핵융합에너지와 관련한 목표를 추가로 10개의 목표 달성을 목적으로한 연구개발 지원 수행	-

❑ 1958년에 설립된 이후 DARPA는 국방과 관련된 일련의 연구개발 활동에서 탁월한 기술적 성과를 창출해 왔으며, 이와 같은 기술적 성과는 민간부문의 기술혁신 과정과 접목되어 경제사회적 변화의 핵심 동인으로 작용해 왔음

❍ 세계를 바꾸는 혁신 기술의 개발 속도는 점차 빨라지고 있으며 기존 경쟁우위를 선점한 선도 기업에서 끊임없는 혁신 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 파악됨

- 경제·사회적 파급력이 크고 세상을 바꿀 수 있는 혁신 기술 개발의 시기는 점차 빨라지고 있으며, 최초의 기술 개발 기업이 시장을 선도하여 후발주자 간의 격차를 공고화하는 것으로 파악

- 한계도전형 R&D 추진을 위해서는이를 수행할 수 있는 프로그램, 조직, 기관 및 제도가 중요한 것으로 판단됨

<표 3-85> 기술 발전 속도

기준년도	주요 내용	주요 기술
기원전 1만년	농경 기술개발	작물 경작의 시작(밀, 보리, 쌀 등)
▼ *9,000년 후*		
기원전 1,000년	산업의 시작	관개 농업 →지역별 농경지에 따라 전문화된 농경기술 발전
▼ *3,000년 후*		
1760년	1차 산업혁명	증기기관, 대량생산 및 기계 발명
▼ *110년 후*		
1870	2차 산업혁명	전기/석유/화학/철강/자동차 발전
▼ *70여년 후*		
1942	원자력 발견 및 개발	(`42) 원자핵분열, 원자로 개발 → (`54) 원자력 에너지 활용
▼ *4년 후*		
1946	컴퓨터 개발	미 육군의 지원으로 ENIAC 개발
▼ *20여년 후*		
1969	인터넷 개발	DARPA의 ARPANET을 기원
▼ *9년 후*		
1978	위성항법시스템 GPS 개발	DARPA의 TRANSIT을 기원
▼ *11년 후*		
1989	체스 AI Deep Blue 개발	기업 IBM은 체스에 특화된 인공지능 컴퓨터 개발
▼ *24년 후*		
2013	인간형 로봇 ATLAS 개발	DARPA 로봇틱스 챌린지를 통하여 ATLAS 기능 강화
▼ *2년 후*		
2015	양자컴퓨터(5큐비트) 개발	IBM, 5큐비트 수준의 범용 양자컴퓨터 발표
▼ *6 년 후*		
2021	양자컴퓨터(100큐비트) 개발	양자컴퓨팅의 선도기업인 IBM이 세계 최고로 개발
▼ *2년 후*		
2021	극초음속 기술 등 개발	DARPA, 음속보다 5배 빠른 극초음속 무기 시험 성공
▼ *2년 후*		
2023	CHAT GPT	OpenAI, 초거대 인공지능 모델 GPT4.0 서비스 시작

4 DARPA 시스템의 우수성

❑ **세계 주요국들은 기술 패권 우위 선점 및 선도를 위한 경쟁에서 도전·혁신형 연구개발 사업의 중요성을 인식하고 이를 위한 범정부적 지원을 지속 수행 중**

❍ 세계를 선도하고 있는 혁신적 기술의 온상으로 미국의 DARPA가 자국 내뿐만 아니라 해외에서도 주목받고 있으며 다양한 국가에서 DARPA 모델을 차용한 도전·혁신형 연구개발 사업 추진

- 미국의 DARPA, ARPA-E, 독일의 SPRIN-D, 영국의 ARIA, 일본의 Moonshot 등 국가·사회적 현안 해결을 위한 임무 지향적이며 실패 가능성이 높으나 성공 시 파급력이 높은 연구개발을 수행하기 위한 대규모의 변혁적 연구개발 사업이 다수 추진 되고 있으며 우리나라 또한 혁신형 R&D뿐아니라 DARPA 모델을 벤치마킹한 R&D를 추진·수행 중

❍ 우리나라가 기추진하였던 도전·혁신형 사업은 뛰어난 성과를 창출하였으나, 사업의 성공률이 99% 이상으로 도전·혁신을 위한 목표에 의구심 존재

- '10년에 시작되었던 과기부 글로벌 프론티어 사업은 '23년 종료되었으며 이 사업을 통하여 우수한 원천기술을 확보하였으나, 목표 달성률이 99%이었으며 창출 성과의 사업화 및 고도화에 대한 체계적이 관리가 부족하여 성과가 사업화로 이어지지 못하는 우리나라 국가연구개발 사업의 고질적인 문제점을 재확인

- 최근, 산업부의 알키미스트 프로젝트와 보건복지부의 한국형 ARPA-H 프로젝트가 DARPA 모델을 벤치마킹하여 추진되었으나, 기존의 연구개발 체계 내에서 추진됨에 따라 실패 가능성이 매우 높은 연구개발 수행에 어려움이 있을 것으로 예측됨

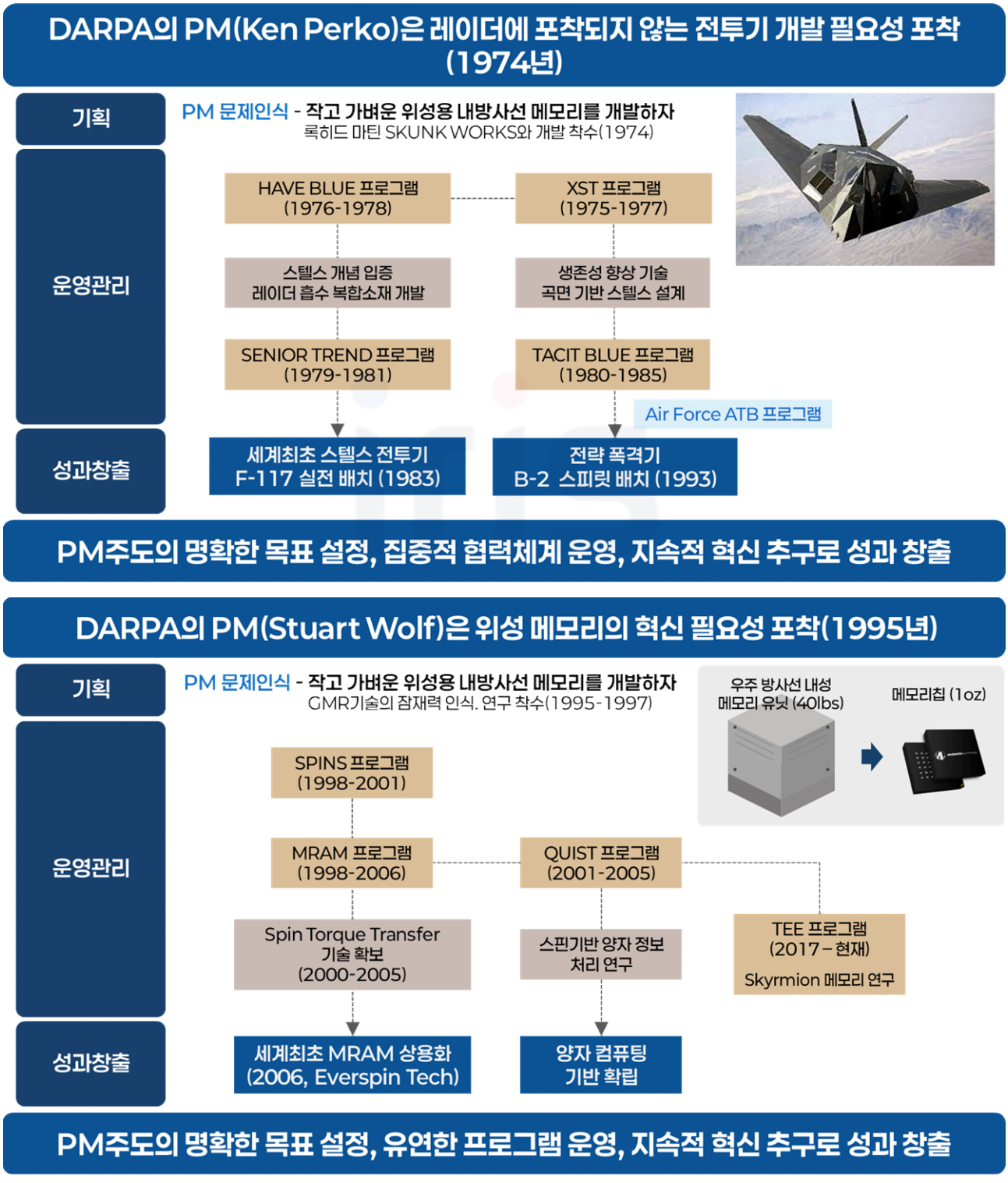
❍ 국가의 현안을 해결하고 변혁적 기술의 선제적 확보를 위해선 실패를 용인하며 난제에 도전하는 변혁적 연구개발 사업이 필요

- 기존 연구개발 체계에서는 해결하기 문제를 해결하기 위해선 기존의 관리체계에서 벗어난 유연하고 자율적인 연구개발 체계 도입과 문제해결이라는 임무 달성을 위한 효율적인 책임·권한·관리 체계인 DARPA의 PM제도 도입이 필요할 것으로 분석

❑ PM 역할의 중요성

❍ DARPA의 성과는 PM의 문제인식에 출발하여 권한과 책임있는 프로젝트 운영으로 다양한 성과를 창출하고 있음

- 아래 사례에서처럼 PM의 문제인식이 성과창출로 이어지는 정량적 방법론, 성과 검증 체계로는 검증이 불가능하나 글로벌 산업에서의 성과 활용, 파급력 등을 감안할 필요



제4장. 신규 사업설계 분석

4.1 개요

4.2 국내 과학기술 혁신 체계의 당면 현안

4.3 문제/이슈 선정의 적정성 검토

4.4 문제/이슈에 대한 선택

4장. 신규 사업설계 분석

1절. 개요

❑ 한계도전 R&D 프로젝트 개요

총사업비		6,749억 원	사업기간	10년
추진 주체	주관부처	과학기술정보통신부		
	지자체 · 기관	-		
사업목표(성과지표)		• 변혁적 혁신기술개발,우수연구자, 기술이전, 시장창출 등		
주요내용		• 도전적 연구기획과 책임PM 주도의 다양한 접근방식을 통해 ▲세상에 없는, 세상을 변화시키는 기술, ▲기존의 한계를 뛰어넘는 변혁적 기술개발		
기대효과		• 창의 · 도전적 연구환경 조성 및 실패를 용인하고 마일스톤 변경이 가능한 R&D 관리체계로 전환하는 국가대표 혁신도전형 사업으로써, 산 · 학 · 연 연구자들의 관심을 환기하여 선도형 R&D 확산의 가속화 기대뿐만 아니라, 궁극적으로 미래경제사회적 파급력이 강한 성과창출을 통한 미래를 준비하는 사업		

❑ 세계 최고를 지향하는 한계도전형 R&D 사업 설계의 중요성

❍ 최근 주요 선진국은 기술패권시대 혁신적·도전적 특화 연구기관을 설립하여 선도적 지위를 유지하고자 노력 중

<표 4-1> 주요국 기술주권 확보 관련 대응 현황

구분	주요 내용
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 '중요기술연구개발협의회(가칭)' 신설(`21)

<표 4-2> 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

<표 4-3> 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 범유럽혁신기구의 설립 필요성을 주장 • 프랑스는 혁신 지원을 위해 국방혁신기구(Defense Innovation Agency)를 설립 • 영국은 ARPA 방식을 모방하여 UKRI와 독립된 혁신연구기관 ARIA 신설

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

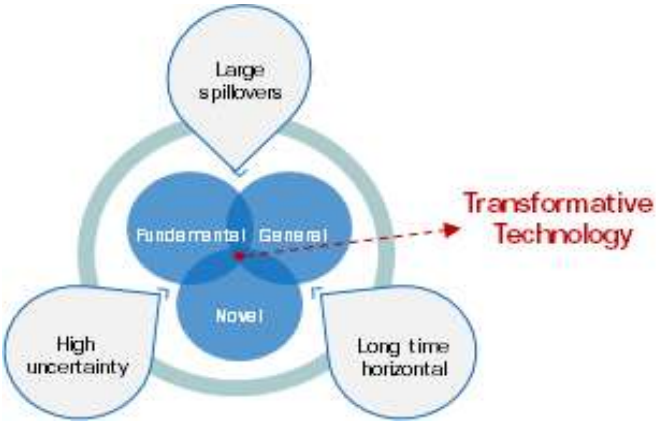
➟ 美 DARPA를 통해 개발된 변혁적 기술인 GPS, 인터넷, 자율주행 기술 등은 신산업 창출에 기여

❑ 대규모 투자비용과 고위험의 기술 특성으로 인해 장기간의 전략적 연구지원이 필요

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

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

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



<그림 4-1> 변혁적 기술 포지셔닝

<표 4-4> OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언

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

2절. 국내 과학기술 혁신 체계의 당면 현안

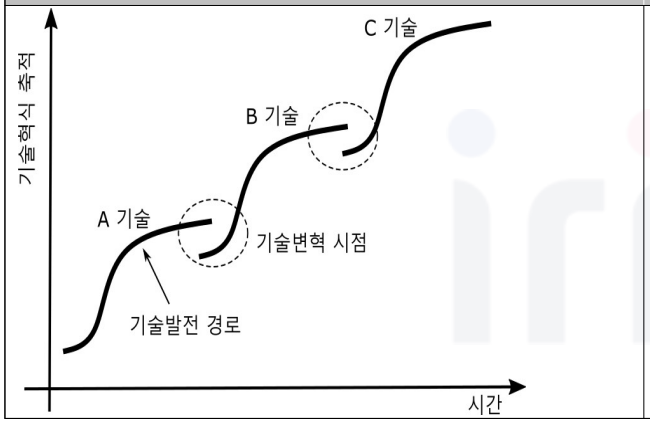
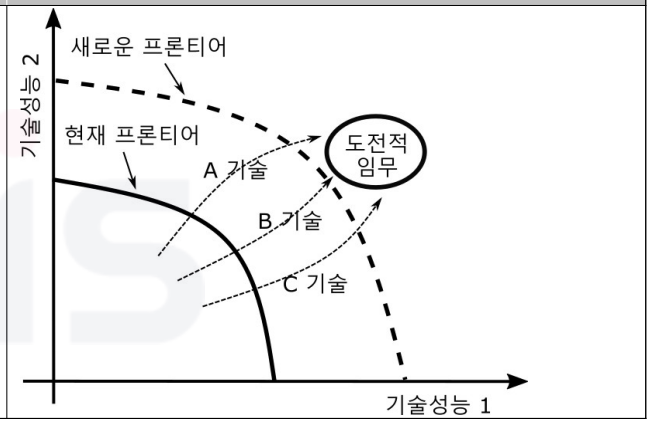
1 변혁적 원천기술 확보의 중요성

❑ 변혁적 기술은 기존의 경계를 넘어선 새로운 혁신적인 기술을 의미

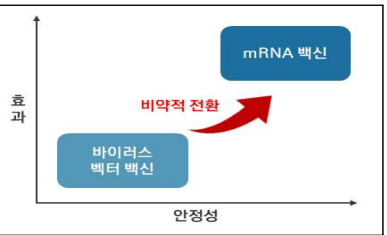
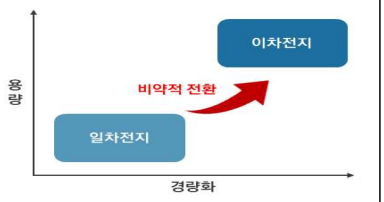
❍ 변혁적 기술은 불확실성이 높고 검증되지 않았지만, 과학의 근본적인 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술을 의미(NIH)

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

<표 4-5> 기술 변혁을 통한 한계돌파 시기

비선형적인 기술 변혁	새로운 프론티어로 가는 기술 혁신
	

<표 4-6> 변혁적 기술(Transformative Technology)의 사례

mRAN 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	
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	
위성항법시스템(GPS) • 나침반, 지도를 통해 위치를 확인하는 방식에서 위성을 통해 위치를 확인하는 방식으로 혁신적인 전환 • 원양항법, 자율주행차 등 다양한 분야로의 파급효과	

❑ (혁신·도전적 R&D 개념) 세계 최고 또는 최초 수준을 지향하여 실패 가능성은 높으나 성공시 혁신적 파급효과를 이끌어낼 수 있는 R&D를 추구

<표 4-7> 주요 혁신·도전적 R&D 개념

용어		정의	출처
고위험-고수익 연구 (HIgh Risk-High Return)	정의	• 과학기술적 또는 사회적 도전에 대한 해결책을 모색하고, 기존 패러다임을 혁신적으로 전환하는 연구로서, 높은 수준의 참신함을 요구하고, 큰 변혁적 잠재력과 실패의 위험이 높은 연구	OECD
	사례	• ❶ 장기간 혹은 광범위한 분야에서 변혁적 결과를 생산할 수 있는 잠재력을 가진 연구 • ❷ 중대한 국가적 필요를 다루는 연구 • ❸ 분야가 매우 참신하거나 많은 다양한 분야에 연관되어 있어서 전통적인 동료평가방식과는 잘 맞지 않는 연구	미국 경쟁력법
변혁적 연구 (Transformative Research)		• 기존의 주요 과학 또는 공학 개념에 대한 이해를 근본적으로 변화시키거나, 새로운 패러다임 또는 과학 또는 공학 분야를 창출할 수 있는 잠재력을 가진 아이디어를 통한 연구	美 NSF

❍ (파괴적 혁신기술형) 글로벌 산업의 판도를 바꾸거나, 범지구적 난제를 해결하는 파괴적 혁신기술 개발에 도전하는 R&D 사업

- 국가가 목표를 제시하는 임무중심형(혁신임무형) 사업으로 무빙타켓 등과 같은 유연한 연구수행 및 영예로운 실패의 가치를 적극 인정하는 등의 연구자 도전정신을 제고하는 사업

<표 4-8> 혁신도전형 R&D 사업중 혁신임무형 사업

용어	주요 내용
R&D 내용	• 글로벌 산업의 판도를 바꾸거나, 범지구적 난제를 해결하는 파괴적 혁신기술 개발에 도전
관리전략	• 임무 기반 마일스톤 중심 목표 설정

❑ 한계도전 R&D 프로젝트는 성공 가능성이 낮으나 장기적 관점에서 국가·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술을 확보하는 임무중심형 R&D 사업

< 한계도전 R&D 정의(안) >

◈ 책임PM의 도전적 문제정의와 연구자의 다양한 접근방식을 통해 변혁적 성과를 창출하는 APRO R&D 사업

❍ (한계도전 R&D 개념) 국가·사회적 현안과 관련한 기술적 난제에 대하여 책임PM 주도로 문제를 정의한 것으로 목표달성의 불확실성은 높으나 파급효과가 매우 큰 변혁적 성과를 큰 연구개발

- 책임PM의 주도적인 기획-선정-평가-관리를 통하여 도전적인 과제를 수행하고 과제 수행 과정에서의 데이터 축적을 통하여 사회·경제적 패러다임을 바꿀 변혁적 성과 창출

❍ (목표) 세상에 없는 원천적 기술, 세상을 변화시키는 기술개발 기획과 책임PM 주도의 다양항 접근방식을 통해 혁신적 파급효과 창출

- ①세상에 없는 원천적 기술 / 세상을 변화시키는 기술개발, ②기존의 한계를 넘어서는 원천적 기술개발

< 변혁적 성과의 정의 >

◈ 혁신·도전형 R&D 사업을 통해 창출되는 세상에 없던 기존의 한계를 뛰어넘어 변화를 주도할 수 있는 원천기술

❍ (특징) 기존 국가연구개발사업의 관리체계에서 벗어나 ①도전적인 문제 정의, ②유연하고 자율적인 관리 및 평가, ③연구자 주도의 다양한 접근법 활용을 통하여 변혁적 성과 창출 수행

- (조직) 독립된 센터(한계도전전략센터) 설립을 통하여 행정적 부담을 최소화하고 수평적인 의사결정 체계를 구축하여 대내외 환경변화 등에 신속하고 정확하게 대응 추진

  ➟ 한계도전전략센터 내 책임PM의 업무지원을 위한 운영지원조직과 T2I조직을 운영

- (임무지향) 실패 가능성이 높으나 연구개발 성공 시, 사회·경제적 파급효과가 큰 임무지향형 연구개발 수행

  ➟ 연구주제의 목표 달성과 문제 해결을 위한 연구과제 구성에 있어, 과제는 책임PM의 기획에 따라, 방법론을 다변화하는 방식 추진 가능

- (책임PM) 강력한 권한과 책임을 부여받아 한계도전 R&D 프로젝트의 사업 全 주기를 관리하는 관리자이자 책임자 역할 수행

  * 책임PM은 한계도전전략센터에 소속되어, 별도의 연구를 수행하지 않고 한계도전 R&D 프로젝트의 사업 全 주기 기획·관리를 전담

  ➟ (기획) 책임PM 주도하에, 국가·사회적 난제 및 현재까지 해결하지 못한 기술적 한계 영역을 발굴하고 명확한 임무 설정 및 목표 달성을 위하여 다양한 방법론을 활용한 과제 기획 추진

  ➟ (관리) 책임PM 판단하에, 연구원들과의 협의를 통한 과제 목표·내용을 변경(Pivoting)하는 유연한 과제 관리 수행

  ➟ (평가) 책임PM은 과제 기획 및 연구 목적과 특성을 고려하여 과제의 평가를 수행하고 마일스톤 달성 여부 등을 판단하여 Go/No-Go 형식으로 평가 수행

- (성과) 동 사업 창출 성과의 파급력을 높이기 위하여, IP 관리 지원, 기술이전, 타 부처·타 사업으로의 연계 지원, Scale-up R&D 등을 추진

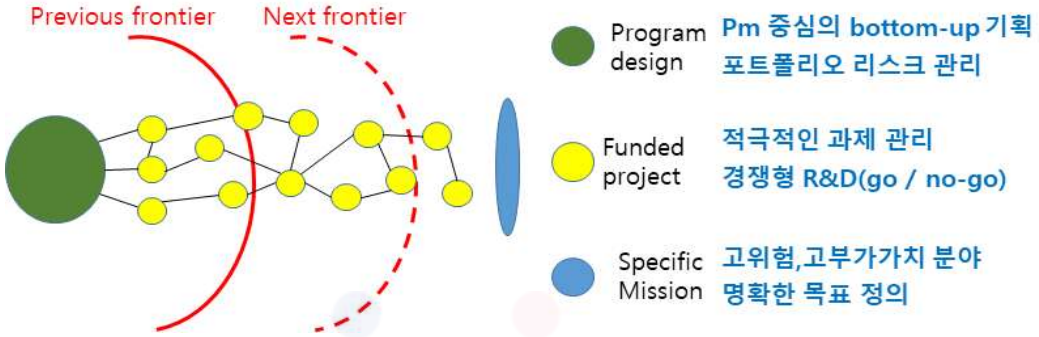
2 과학기술 혁신체계 당면과제

❑ 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 4-2> DARPA, ARPA-E 등 변혁적 기술 확보 프로그램 개념도

⇒ **변혁적 기술 확보**를 위해 ①**혁신적인 분야**에 대한 **명확한 목표**를 **설정**하고, ②**새로운 연구관리 시스템** 도입 필요

【목표 설정 : 혁신적인 분야에 대한 임무 지향 투자】

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

① 위험・고부가가치의 혁신적인 분야 지원

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

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

<표 4-9> 혁신적 연구가 지원되지 않고 위험회피주의(Conservatism)가 나타나는 이유

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

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

❍ 대규모 투자비용과 고위험의 특성으로 인해 단기적인 시장 경쟁력 강화가 목표인 민간 주도의 개발은 어려움

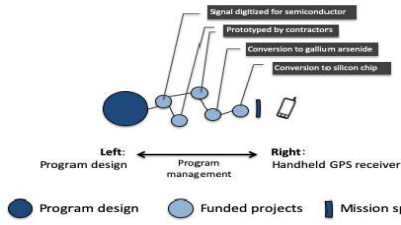
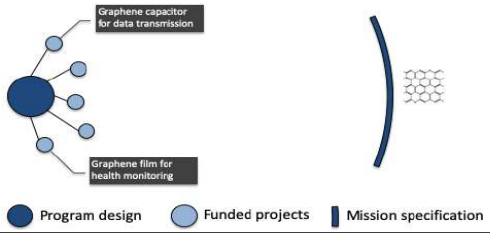
- 단기 성과에 대한 집중으로 산업 경쟁력 지수는 20년간('95~'15) 상승(16→13위)하였으나, 산업 잠재력 지수는 하락(21→25위)

② 목표 달성을 위한 명확한 임무 설정

❍ 한정된 자원으로 목표를 효율적으로 달성할 수 있도록 관리를 하기 위해서는 밀도 있고 명확한 목표 설정 필요

- 실제로 Graphene의 상용화를 목표한 EU의 프로그램은 모호한 목표를 설정하여 실질적인 성과 창출이 미흡했다는 한계 존재

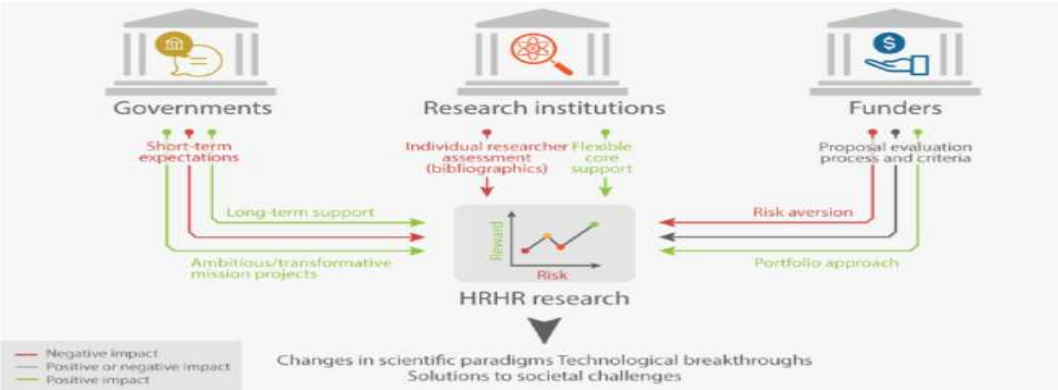
<표 4-10> 소형 GPS, 그래핀 연구지원 관련 비교

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



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

<그림 4-3> OECD의 고위험 혁신 연구에 대한 이해

<표 4-11> OECD 고위험 연구 지원을 위한 제언

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

참고 **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 4-12> 변혁적 기술의 특징 및 사례

구분	내용
기존의 지식에 도전	• 대륙이동모델 : 처음에는 논란이 많았지만 50년 후에 새로운 분석방법과 해저샘플링 기법에 기초하여 정확하다는 것을 입증 • 금속유리의 발견 : 초기 불분명한 이론적 가능성만 제시되었으나, 오늘날의 집적회로를 실현시키고, 최근에는 MEMS, 유연전자 분야에서의 활용성이 주목
새로운 기술이나 방법론을 가능하게 하는 예상치 못한 통찰력 제공	• 대용량 하이퍼텍스프 웹 검색 연구: Google과 같은 혁신적인 서비스를 창출 • 자기공명영상 : 뇌기능 모니터링 도구로 활용함으로써 행동연구의 한계를 확장
과학, 공학, 교육의 경계를 재정의	• VLSI 회로설계 방법론 연구 : 마이크로전자 분야의 혁신을 통해 이동통신과 슈퍼컴퓨터 발전에 기여하였을 뿐만 아니라 오늘날 컴퓨터과학 전반을 관통하는 추상화된 지적 프레임워크를 제공 • 우주 미세거리측정법 : 우주론적 매개변수를 미세하게 조정하기 위해 개발되었으나, 새로운 물리학과 암흑에너지 개념 창출에 기여

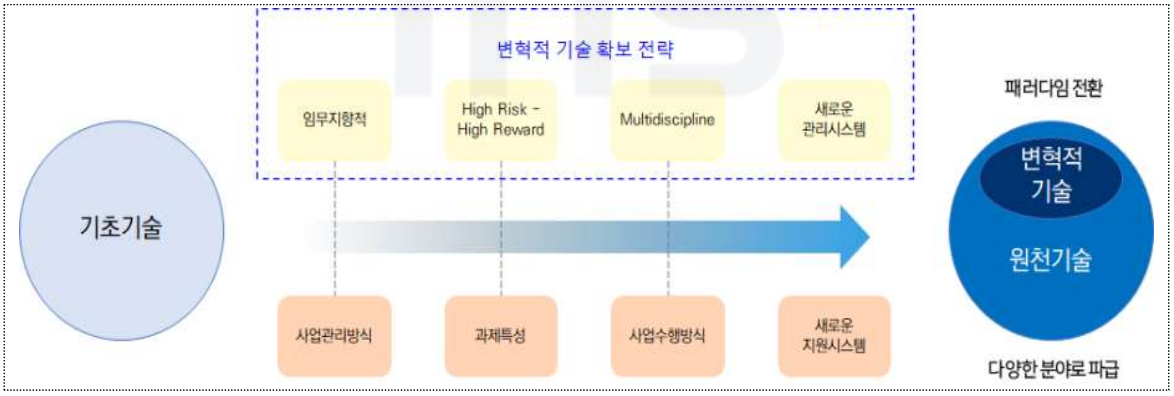
❍ 변혁적 기술 확보 전략

<표 4-13> 변혁적 기술 확보 전략의 특징

구분	분류	참석자
임무지향적	사업관리방식	• 사회, 기술, 지속가능한 변화에 기여하기 위해서, 공통으로 잘 정의된 목표를 향해 집단이 정해진 시간 내에 달성하기 위해 도전 • 과학, 기술, 혁신을 활용해 잘 정의된 사회적 과제를 주어진 시간 내에 해결하기 위해 조율된 정책과 규제 방안의 조합기획사
High Risk - High Reward	과제특성	• 시장적 인센티브가 충분하지 않지만, 과학연구 투자를 통해 대규모/상대적으로 오랜기간 동안 파급효과를 창출하는 특성 • ERC 과학위원회가 평가한 ERC지원 연구성과 중 혁신적 성과를 창출한 기술 대부분이 High Risk-High Reward의 과제에서 창출
Multidiscip line	사업수행방식	• 다양한 개인과, 그룹, 과거의 아이디어를 포함한 지적 원천, 혁신적/점진적 발전 경로를 통해 발생 • 학계 및 연구계의 오픈이노베이션시스템 간 정보교환을 촉진시키고, 혁신주체들과 혁신수요자간 신속한 소통을 통해 변혁적 혁신의 창출과 확산이 진행
새로운 관리시스템	지원시스템	• 고위험 혁신 연구 장려를 위하여 기존 프로그램 재설계 관점이 아닌 새로운 접근법을 활용한 프로그램 기획 • 포트폴리오 접근 방식을 통해 리스크 관리와 더불어, 위험을 감수 할 수 있는 자금관리, 평가 패널 및 개별연구원에 대한 인센티브 방안 마련

❍ 주요 용어의 관계

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



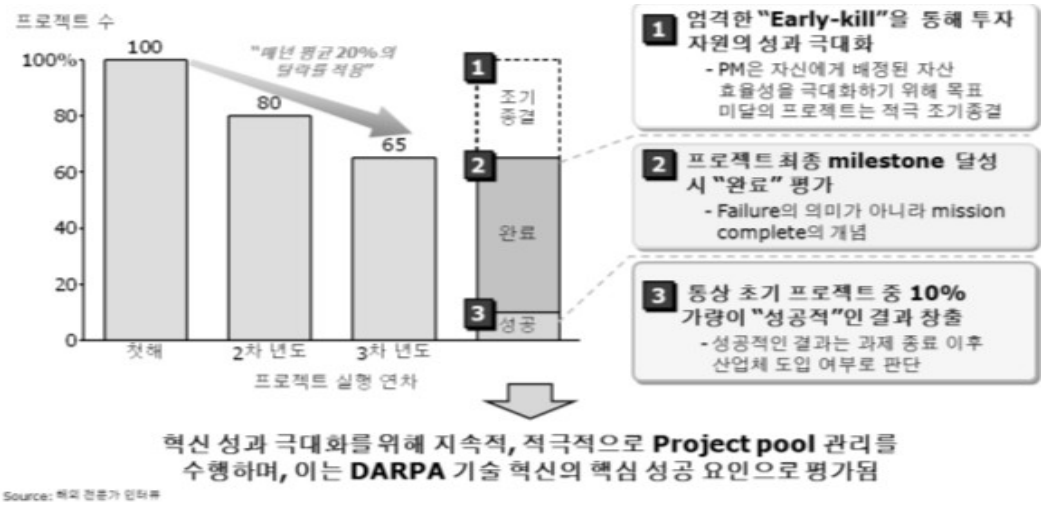
<그림 4-4> 주요 용어의 관계

❑ 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 4-5> DARPA의 포트폴리오 관리방식

② 임무 달성을 위한 적극적인 과제관리

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

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

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

<표 4-14> ARPA-E 프로그램의 목표관리(MINER 프로그램 사례)

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

목표	상세 내용
분쇄 에너지 저감	• 기존 최첨단 공정 대비 분쇄에너지 50% 감소
분쇄 에너지 저감 효율	• 10+kg/hr 조건으로 최소 100kg 처리 실증
에너지관련 광물 손실 저감	• 기존 최첨단 공정 대비 분쇄로 인해 미회수되었던 에너지 관련 광물 생산량 50% 감소
분쇄효율을 고려한 에너지관련 광물 손실 저감	• 10+kg/hr 조건으로, 기존 최첨단 공정 대비 분쇄로 인해 미회수되었던 에너지 관련 광물 생산량의 50% 감소

③ 독립적인 전담기관을 통한 연구지원

❍ 대부분의 변혁적 연구 프로그램은 기존의 지원체계에서 벗어난 독립적이고 자율적인 전담기관을 설립하여 프로그램을 관리

- 자유도가 높고 독립적인 R&D 기획, 평가 및 관리를 통해 변혁적 기술 확보만을 목적으로 하는 전담기관을 구성하여 지원

➟ 美 DARPA를 대표 모델로 하며, 대부분의 선진국에서 DARPA를 벤치마킹하여 독립조직을 구성하거나 구성 준비 중

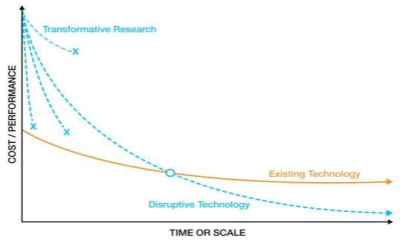
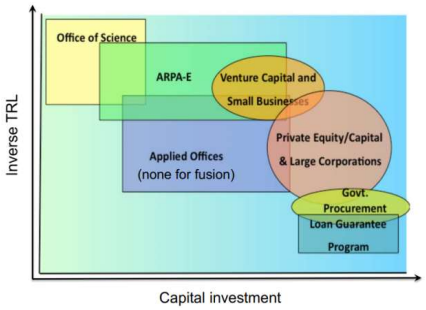
참고 ARPA-E 개요

❍ (목적) 미국의 에너지 수입을 10년간 20%까지 감소시키기 위한 '파괴적이고 혁신적' 인 에너지기술 및 정책 개발

- 해외로부터의 에너지 수입 감소, 에너지 효율성 개선, 온실가스를 포함한 에너지 관련 배출 저감, 에너지 인프라의 신뢰성 개성 등 목표

❍ (지원분야) 민간에서 추진하기 어려운 고위험·고수익의 변혁적 기술 확보 및 기초연구와 상용화 사이에서의 격차를 해소할 수 있는 분야

<표 4-15> ARPA-E의 기술 발전 분야

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

❍ (예산) '21년 기준 4억 2,700만 달러

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

❍ (지원 프로젝트 형태) 3가지 형태의 프로젝트를 지원

- (Focused Program) 기술분야별로 개발 목표를 설정하고 이를 달성하기 위해 추진되는 Top-down식 공모사업

- (Open Solicitation) 특정한 주제를 정해두지 않고 연구자의 자유로운 제안을 심사하여 우수과제를 채택하는 bottom-up형 포괄식 공모사업

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

❍ (추진 프로세스) PD(Program Director)가 프로그램 기획, 연구자 선정, 마일스톤 점검, 과제 평가 등을 주도적으로 수행

<표 4-16> ARPA-E.의 연구관리(PD 주도) 프로세스

주요 내용
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

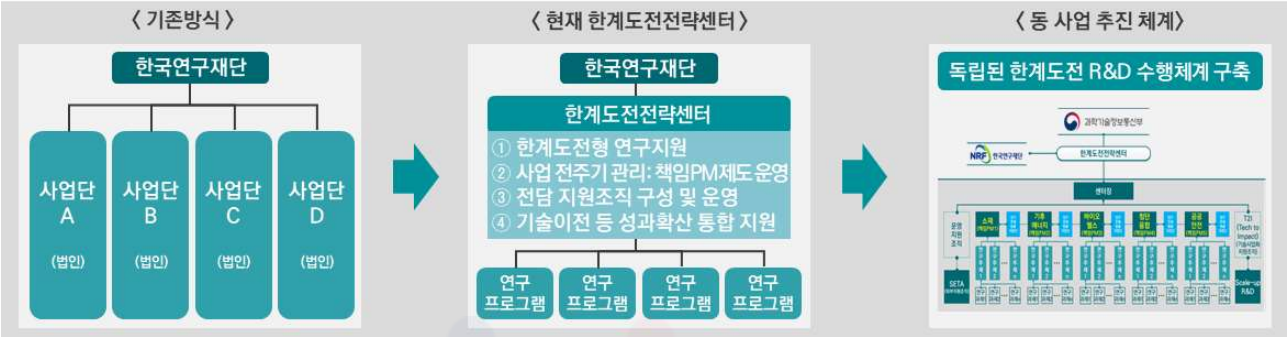
❍ (기술 사업화) T2M(Tech To Market)이 R&D 성과의 사업화 파급을 위한 사업화 방향성 제언, 민간 네트워크 연계 등을 주도적으로 수행

3절. 문제/이슈 선정의 적정성 검토

1 현안 재검토

❑ 旣 추진 도전·혁신형 R&D의 경우, 기존의 연구개발 방식으로 운영되고 있어 혁신성과 도전성을 확보하기 위한 충분한 지원이 부족한 상황

❍ 도전적 R&D의 특성인 ①명확한 임무와 목표, 기한 설정, ②창의성과 자율성이 보장되는 연구 문화, ③과제수행의 컨트롤타워 존재 등을 모두 만족하는 국내 도전·혁신형 R&D 사업은 부재



<그림 4-6> 한계도전 R&D 프로젝트 한계도전전략센터 구축 방향

<표 4-17> 국내 도전·혁신형 R&D 현황

프로그램	임무지향	독립·자율적 연구관리 조직	포트폴리오 과제 관리	책임PM의 적극적인 관리
알키미스트 프로젝트	○	△	△	△
미래융합유망기술 파이오니어 사업	○	×	×	×
과학난제도전 융합연구 개발사업	○	×	×	×
혁신도전프로젝트	○	×	×	△
現제도 한국연구재단 내 한계도전센터	○	△	△	△
	▻ 변혁적 성과창출 목적에 부합하지 않는 한정된 지원규모 ▻ 연구비 사용에 있어서 적시성, 유연성, 자율성 확보를 위해서는 별도의 독립적인 기관이 되어야 함 ▻ 책임PM을 지원하는 다양한 조직운영이 필요하며, 전문성과 양적업무에 대한 부담완화 될 수 있는 지원체계가 구축되어야 함			
한계도전 R&D 프로젝트의 **한계도전전략센터** 신설 (한국연구재단 내 부설기관)	○ **책임PM지원 자문단, SETA 지원체계 구축**	○ **한계도전전략 센터의 독립체제 구축**	○ **권한과 책임에 기반한 R&D 추진**	○ **전 과정을 책임PM 중심으로 운영**

❑ DARPA 모델을 벤치마킹한 한계도전 R&D 프로젝트 또한 불확실성이 높은 도전·혁신형 R&D 특성에 맞는 연구개발을 추진하기엔 규모적 한계가 존재

❍ 과기정통부에서 추진 중인 한계도전 R&D 프로젝트는 도전·혁신을 위한 R&D 특성을 모두 포함하고 있으나 예산, 기간, 분야 등의 규모적 문제가 존재

- 실패 가능성이 높으나 연구개발 성공 시 파급력이 높은 HR-HR 사업에 있어, 임무 달성의 성공률 제고를 위한 포트폴리오 과제관리는 필수적인 사항이며 다양한 방식의 R&D 추진이 필요

  ➟ 목표 달성을 위하여 동일 연구 주제에 대한 복수의 연구기관이 연구를 수행하여 결과에 따라 연구의 지속과 탈락이 결정되는 경쟁형 R&D와 다수의 연구수행팀이 동이한 연구개발과제의 수행을 공동으로 추진하는 협력형 R&D 등 연구과제 추진에 있어 연구 그룹의 다양성 또한 필수적인 요소

- (예산) 한계도전 R&D 프로젝트의 연간 예산액은 100억이며 연구 주제당 금액은 약 10억 내외로 경쟁형 R&D나 협력형 R&D를 추진하기에 어려움이 존재

  ➟ 실패 가능성이 높은 한계도전 R&D 프로젝트의 과제수행에 있어 성공률 제고를 위한 경쟁형, 협력형 R&D 방식이 필요하나 연간 10억 원의 예산으로는 불가능할 것으로 파악

  ➟ 혁신도전형 R&D사업군인 산업부의 알키미스트 프로젝트의 과제 당 연구비는 최대 207억 원이며, 연구 주제당 6개의 과제를 수행하는 것과 비교하여 現 한계도전 R&D 사업의 과제당 평균 연구비는 18.7억 원(연간 4.5억 원), 주제당 최대 3개의 과제를 수행하는 것으로 나타나, 예산과 과제 수의 규모 면에서 차이가 나는 것으로 판단

- (기한) DARPA는 '58년 설립 이후로 '70년대 중반까지 기술적, 정치적 상황에 따라 기관 존폐 위기를 맞으며 연구개발시스템 정착에 어려움을 겪었으나 '73년 향후 20년간 지속될 장기 연구개발 프로그램에 착수하며 '80년대 혁신적인 과학기술 성과 창출로 DARPA 모델 정착 수행

  ➟ 파괴적 혁신 기술 창출 및 독특한 특성의 운영 방식으로 글로벌 주요국들의 벤치마킹 요소가 된 DARPA 모델 또한 美 자국 내 정착에 15~20년이 소요되는 등 어려움이 존재하였음

  ➟ 도전·혁신적 R&D인 DARPA 모델을 표방하는 한계도전 R&D 프로젝트 또한 자율과 책임 기반의 도전적 연구 문화 정착을 위해선 오랜 기간이 걸릴 것으로 예상

- (분야) 한계도전 R&D 프로젝트는 ①소재, ②기후·에너지, ③바이오헬스 등 총 3개 분야의 변혁적 과학기술 개발을 목표로 하고 있어 연구 범위가 他 도전·혁신형 R&D 사업에 비해 좁은 것으로 판단됨

<표 4-18> 국내외 도전·혁신형 R&D 분야

구분	건설 교통	재난 안전	우주 항공 우주	국방	기계 제조	소재 나노	농림 수산 식품	생명 보건 의료	에너지 자원	환경 기상	ICT SW
한계도전	-	-	-	-	-	○	-	○	○	-	-
알키미스트	-	○	△	-	○	△	△	○	○	-	○
DARPA	△	△	○	○	△	○	△	○	△	△	○
SPRIN-D	-	-	-	-	○	○	-	○	○	-	○
Moonshot	-	○	-	-	-	-	○	○	○	○	○

❍ 논리모형 도출을 통한 이슈/문제점을 파악하여 사업추진 방안에 대한 적정성 검토

1. 이슈 / 문제

- 국가미래경쟁력 확보를 위한 변혁적 기술 확보 필요
- 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요
  - 대규모 비용과 낮은 성공확률의 특성으로 인해 도전적 목표, 포트폴리오 과제관리, 전담 지원기관 설립 등 별도의 연구지원 체계를 마련하여 집중 지원 필요
    ※ 기술선도국도 DARPA, ARPA-E, SPRIN-D, ARIA 등 다양한 프로그램을 도입하여 전략적 지원
- 국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황
  - 기존의 정부 R&D는 단기적인 성공에만 집중하여 First-Mover의 혁신적인 연구지원은 미흡
  - 연구자들도 기존 R&D틀을 벗어나지 못하고 행태적으로 고착화되어 더 이상 기존 시스템으로는 변혁적 R&D 성과 창출에 한계란 지적
- 도전적 연구문화 형성과 검증된 혁신적 연구개발 성과 창출 시스템인 美DARPA 시스템 모형을 벤치마킹하여 국내에 변혁적 연구개발 성과를 공급

2. 목표

- (비전) 혁신적 R&D 체제 도입을 통한 과학기술 4대 강국 도약
- (목표) 세상을 변화시킬 수 있는 변혁적 원천기술 확보

3. 수혜자

- (직접) 대학/연구소/기업의 연구자
- (간접) 정부, 국민, 기업

4. 투입

- 총사업비
  : 6,749억 원

5. 활동

- (도전적 목표) 기존의 경계를 뛰어넘는 도전적 주제 발굴 및 변혁적 목표 정의
- (혁신적 관리) 책임PM제도 도입, 포트폴리오 과제관리 등 혁신적인 관리 시스템 도입
- (전담 지원조직) 혁신적 연구프로그램 지원을 전담할 수 있는 전담 전문지원조직 구축

6. 목표 산출

- 변혁적 성과창출을 통한 글로벌 문제해결과 국가 과학기술 위상 제고

7. 성과/영향

▶ 성과
- 변화하는 글로벌 환경에 대응한 변혁적 기술 확보
- 원천기술 플랫폼 구축을 통한 연구역량의 축적 · 활용 촉진

▶ 영향
- 기술 선도국으로서의 위상 유지 및 과학기술 선도국가 도약
- 기술패권경쟁에 대응한 기술주권 확립

8. 가정

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

2 도출된 문제/이슈 적정성 검토

❑ 우리의 혁신을 주도하는 끊임없는 변혁적 과학기술 공급을 위하여, 한계도전 R&D 프로젝트의 규모 확대가 필요

❍ 한계도전 R&D 프로젝트를 도전적 문제 정의와 연구자 주도의 다양한 접근방식을 통해 실패를 감수하고 성공 시 변혁적인 혁신적 성과를 창출하는 국가대표 혁신도전형 R&D 사업으로 정의하여 확대 추진 필요

❍ 추진 중인 한계도전 R&D 프로젝트 한계로 지적된 규모의 문제해결을 위하여 대형·장기적 관점의 도전·혁신형 R&D 추진이 가능한 지원규모 확대가 필요

<표 4-19> 한국연구재단의 유사 원천기술개발 사업 과제 당 연평균 지원금액

사업명		연구기간	총지원금액	연평균 지원금액
STEAM 사업	BRIDGE 연구개발	3년	30억 원	10억 원
	과학기술인문사회융합연구	4년	27.5억 원	6.9억 원
	미래유망 융합 파이오니아(도전)	5년	45억 원	9억 원
	미래유망 융합 파이오니아(전략)	4년	47.8억 원	12억 원
PIM인공지능 반도체 핵심기술개발		3년	58억 원	20억 원
나노소재 기술개발사업	기술개발	3~4년	43.8억 원	11.5억 원
	나노미래소재 원천기술개발사업	4년	38.2억 원	9.5억 원
바이오 의료 기술개발사업	미래감염병 기술개발사업	4년	38억 원	9.5억 원
	차세대 바이오	4년	81.4억 원	20억 원
뇌과학선도융합기술개발사업		2~4년	23억 원	6.9억 원
국가반도체연구실핵심기술개발사업		4~5년	24.5억 원	5.5억 원
초고성능컴퓨팅 SW 생태계 조성		5년	46.5억 원	9.3억 원
평균		4년1개월 (49개월)	41.97억 원	10.84억 원

한계도전R&D프로젝트	3년	주제당 4개 과제 수행 40억 원X3년=120억 원	과제당 연간 10억

➟ 또한, 한계도전 R&D 프로젝트가 표방한 DARPA가 포함된 ARPA 프로그램은 미국 R&D 총투자액의 3.5%인 10조 원대의 예산 규모로 수행되고 있음

➟ 여전히 미국에 비해 적지만 10년 간 6,000억을 투자하여도 미국의 투자 대비 약 1%에 못 미치는 6천억 원대 예산 규모 확대는 필요한 것으로 판단됨

<과기부 및 한국연구재단의 원천기술 지원 현황>

➟ 과제별 사업단가를 설정하기 위해 동 사업과 유사한 성격의 원천기술개발 사업의 과제 당 지원내역을 토대로 설정

➟ 유사 원천기술개발사업의 평균 지원기간은 49개월으로 나타났으며, 지원금액은 41.97억 원, 연평균 지원금액은 10.84억 원으로 나타남

➟ 동 사업은 5개 분야에서 9개 주제를 발굴하여 각 주제당 4개의 과제를 3년간 수행함을 가정, 각 과제별로 연간 10억 내외의 연구비를 상대적으로 짧은 기간인 3년 안에 집중지원 하여 성과창출 추진

- (기간) 한계도전 R&D 프로젝트의 사업 기간은 5년으로 DARPA 모델을 정착시키기엔 시간적 여유가 존재하지 않으며, 창출 성과의 파급력 파악 또한 어려울 것으로 판단됨에 따라, 기간을 2배 정도 늘려 도전·혁신형 연구를 통한 자율과 책임 기반의 연구 문화 정착 추진 필요

<미국의 변혁적 R&D 성과창출을 위한 사업지원 현황>

➟ DARPA는 '58년 설립 이후로 '70년대 중반까지 기술적, 정치적 상황에 따라 기관 존폐 위기를 겪었으나, '73년 향후 20년간 지속될 장기 연구개발 프로그램에 착수하며 '80년대 혁신적인 과학기술 성과 창출로 DARPA 모델의 안정적 기반 마련

❍ 미국의 DARPA와 비교 시, 한계도전 R&D 프로젝트의 예산 규모는 적절한 것으로 나타남

<미국의 DARPA 연구지원 규모 현황>

➟ (PM별) DARPA의 '25년도 예산은 약 43.69억 달러(약 5.8조 원)이었으며 102명의 PM이 사업 운용 시, PM 당 연간 380억 정도의 예산을 운영하는 것으로 파악됨*

※ DARPA PM의 예산 통계치는 공개되지 않아, 대략적인 금액으로 환산 시, 운영비 등을 제외하면 순수 연구 관련 투자 비용은 2,000~3000 USD수준으로 보이면, 원화로 300~400억원 수준으로 파악됨

➟ 동 사업 책임PM 당 연간 R&D 금액은 약 115억 원으로 DAPRA의 예산 규모와 PM 수를 고려 시, 적지 않은 것으로 판단

<표 4-20> DARPA의 테마당 PM 및 지원 인원

(단위: 명)

구분	BTO	DSO	I2O	MTO	STO	TTO	전체
PM	15	10	23	14	16	24	102
STAFF	4	5	4	5	4	3	25
전체	19	15	27	19	20	27	127

* 출처 : https://www.darpa.mil/about-us/people, '24.09.19.

❍ ARPA-E는 과제 당 연간 평균 예산은 약 11~20억 원 규모로 동 사업 과제 규모인 연간 10억 원보다 높으나 이는 컨소시엄을 포함한 공동연구를 포함하고 있는 것 때문으로 파악

<표 4-21> ARPA-E의 프로젝트 예산

(단위: 달러)

프로젝트 명	전체 예산	최소금액	최대금액	기간	예상 과제수	연간 평균 예산
CURIE	48,000,000	250,000	10,000,000	36	11	1,454,545
NEWTON	40,000,000	1,000,000	10,000,000	36	9	1,481,481
ECOSynBio	25,000,000	250,000	7,000,000	36	10	833,333
DIFFERENTIATE	20,000,000	250,000	5,000,000	36	7	952,381

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

<표 4-22> 변혁적 기술 확보를 위한 지원 방식

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

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

4절. 문제/이슈에 대한 선택

1 신규 사업 필요성

❑ 미래 환경변화에 따른 관련 문제/이슈 도출, 국내외 환경분석, 국가정책 방향성을 등을 종합적으로 고려하여 신규사업 추진 기본방향 도출

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



<그림 4-7> 동 사업 추진 방향성

책임PM 선정	문제 인식 및 발굴	임무지향형 연구테마 선정	포트폴리오 과제 관리
① 책임PM 공모 - 연구를 수행하는 책임자가 아닌 연구프로그램 기획·선정·평가·관리를 수행하고 전반적인 문제해결을 위한 전문성을 고려한 선발 ② 책임PM 선정 - 연구테마 목표 수행을 위한 책임PM의 기술개발 세부 기획 평가 ③ 책임PM의 권한 - 프로그램 세부기획, 선정, 평가, 관리 등	① 미래예측, 글로벌 메가트렌드 분석 등을 통하여 미래사회상 연구 ② 국제적/국가적/사회적 기술적 한계 정의 ③ 연구분야별 기술제안토론회, 전문가그룹 심층토론회 ① 문제해결을 위한 R&D 주제 설정 - 연구주제발굴자문단, 수요제안자, 전문가 그룹 등 ② 변혁적 기술한계 및 임무설정 - 책임PM(자문단)	① 실패 가능성이 높으나 기술개발 성공시 사회적 파급력이 높은 변혁적 기술 ① 구성 및 운영 - 센터, 책임PM, 자문단 ② 사업 관리 - 책임PM 프로그램 사전 검토, 프로그램 종료 후 활동 사항 검토	① 연구 기획에 맞는 연구자 선정 권한 ② 예산배분에 있어 적시성과 유연성을 확보를 통해 끊임없는 R&D 도전 ③ 연구진행과정에서 마일스톤 수정 ④ 연구의 실패 및 종료 이후, 불이익 없는 후속사업 진행
연구 프로그램 관리 전문성 강화를 위한 높은 재량권을 가진 제도	*국제적/사회적 난제 해결 및 기술적 진보를 가능하게 하는 명확한 문제 정의*	*달성 가능한 목표가 아닌 실패의 위험이 높은 HRHR 사업의 목적에 부합하는 임무형 목표 설정*	*실패를 용인하고 자율과 책임에 기반하는 유연한 연구관리 체계 구축*

2 문제해결 방법 및 선택

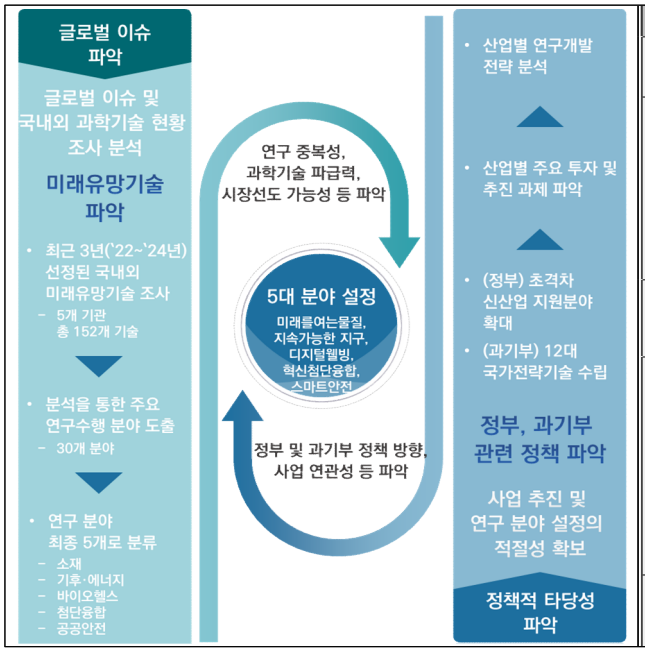
❑ 과학기술 연구 분야의 선도적 모델인 DARPA 프로세스 벤치마킹

❍ 글로벌 선도국들은 기술 안보 대응을 위한 조직을 신설하는 등 전략적 정책 수립 및 과학기술 혁신을 위한 연구개발 체계 마련

<표 4-23> 혁신도전형 체계와 우리 R&D 체계 비교 분석

구분	글로벌 혁신도전형 R&D 체계 특징	현 우리나라의 R&D 체계 특징	한계도전 R&D 프로젝트 설정(안)
조직	• (DARPA) 최고 경영자와 연구자 사이에 단 하나의 관리층만 존재하는 유연하고 독립적인 조직 • (ARPA-H) NIH 산하로 편입되어 운영되나 보고체계는 보건부장관에게 직접 보고	• 수직적인 R&D 관리체계 구축을 통한 관리 중심의 조직 운영	• 단순한 의사결정체계와 독립운영체계 구축을 통한 도전적 운영체계 구축
기획	• (DARPA) PM 주도 하에 정부의 수요를 토대로 문제를 정의(Top-down)하고, 문제 해결을 위한 아이디어 발굴(Bottom-up)	• 기술 공급자 중심의 기술 수요조사에 의존	• 책임PM 주도의 명확한 임무·목표 및 연구주제 선정 • 책임PM과 연구현장에서의 방법론 합의
관리	• (DARPA) Director - PM - 연구자로 이어지는 간결한 관리조직으로 신속한 의사결정이 가능하며, PM 주도의 연구 관리·평가 수행 - GO/NO-GO 진도 평가와 마일스톤 기반 관리/평가 추진	• 중복 연구 방지 • 상위 목표와 연계성 및 관련성이 낮은 과제 기획 및 선정 • 리스크 회피를 위한 점진적인 목표 설정	• 책임PM 주도의 전략 관리 방식
활용	• (DARPA) 기술이전을 위한 별도의 조직 구성 • (SPRIN-D) 대출, 창업 등의 프로세스 운영으로 민간과 연계한 유연한 연구비 지원 수행	• 사업화가 목적인 경우, 사업화에 역량 집중이 어려운 분리된 지원조직 • 연차·단계평가 시스템 등 행정적 관리 다수	• 내부 : Tech to Impact 운영 • 외부 : 외부 SETA 전문지원조직 운영
기술/경제 성과	• (DARPA) 인터넷, GPS, 드론등 세계 최초·최고 기술 창출과 국방을 넘어 다양한 산업 분야로의 연계 가능 성과 창출	• 특허, 논문 수 등 양적 성과의 증가와 대비되는 파급력 낮은 과학기술적 성과 창출	• 변혁적 성과를 도출할 수 있는 과학기술 창출 및 문화조성

❑ 동 사업은 자문단의 의견수렴과 국내외 기관 등에서 선정한 미래유망기술 및 메가트렌드 조사·분석 등을 통하여 후보군을 도출



대분류	중분류	
미래를 여는 물질	• 모빌리티 • 건축	• 반도체 • 신소재
지속가능한 지구	• 탄소중립 • 신재생에너지 • 에너지 • 배터리 • 이차전지 • 핵	• 재활용 • 기후 • 스마트팜 • 농축수산 • 수소
디지털 웰·빙 케어	• 유전자 • 의료(기기)	• 헬스케어
혁신 첨단 융합	• AI • 우주항공 • 컴퓨팅 • 반도체·디스플레이 • 자동화 • 5G/6G • 양자	• 증강현실 • 메타버스 • 애플리케이션 • 모빌리티 • 디지털트윈 • 통신
스마트 안전	• 사이버보안	• 생활

❍ (분야) 3개의 분야(소재, 기후·에너지, 바이오헬스)로 한정되어 있던 연구분야를 5개(미래를 여는 소재, 지속가능한 지구, 디지털 웰·빙, 혁신 첨단융합과 스마트 안전)로 확대 추진 필요

현재	소재	기후·에너지	바이오헬스			3개 분야
	주제1~2개 (PM1명)	주제1~2개 (PM1명)	주제1~2개 (PM1명)			3명 PM
확대 추진 (예타)	**미래를 여는 소재**	**지속가능한 지구**	**디지털 웰·빙**	**혁신 첨단융합**	**스마트 안전**	**5개 분야**
	주제 9개	주제 9개	주제 9개	주제 9개	주제 9개	45개 주제 20명 PM

❍ 책임PM은 연구주제발굴자문단 및 한계도전전략센터, SETA의 이슈 발굴과 의견수렴을 통하여 연구주제 후보군을 발굴하고 센터장과의 소통 등을 통하여 최종 연구주제 후보군을 선정

- ①건강하게 공영하는 인류, ②안전하고 쾌적한 환경 구현, ③지속가능한 에너지 미래소재, ④미개척·미인지 영역의 도전이라는 아젠다 하에 예비 연구주제 선정

➟ (연구주제발굴자문단) 국가·사회적 문제 및 기술적 문제에 대한 다양한 의견을 책임PM에게 전달하며, 책임PM과의 의사소통을 통하여 해당 분야에서의 이슈 및 해결 필요성 등을 도출

➟ (SETA: 외부전문지원조직) 책임PM은 SETA 지원조직을 별도로 설정하고 국가적 현안 및 글로벌 난제 해결 문제 조사분석 등의 내용을 전문적으로 지원하는 조직 운영 가능

<표 4-24> 도출된 연구분야별 연구주제(안)

분야	연구주제	現 한계	도전목표
미래를 여는 물질	데이터 폭증 시대를 대비하는 광변조 혁신 기술	• (한계) 광변조 소자 크기 축소에 따른 칩의 발연 문제와 데이터 입출력 병목 현상으로 변조성능에 한계 존재	• (도전목표) 기존의 선도기술(100~200Gbps 수준)을 뛰어넘는 비선형 광변조 특성을 지닌 Tbps급 고성능 광변조 소자 개발을 통한 글로벌 기술선도
	우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할 수 있는 센서 소재	• (한계) 우주환경에서의 실리콘 기반 반도체 소재는 센서 성능 저하, 수명 단축, 이미지 노이즈 증가 등의 오작동과 신뢰성 부족이 존재	• (도전목표) 기존 카메라의 한계선량인 5kGy를 우회기술 없이 소재단독으로 2배 이상 증가시킬수 있는 신소재 개발
	궁극의 에너지 저장 및 활용성을 지닌 유전체 축전 소자	• (한계) 기존 리튬이온 배터리의 발화, 급속 충방전, 출력 등의 한계를 극복하기 위한 에너지 저장 소자 개발을 추진하고 있으나, 기술적 한계 존재	• 도전목표) 기존의 장점을 유지하고 에너지 밀도 향상과 대용량화할 수 있는 신소재 개발
	냉매가 필요없는 고효율 고체상태 냉각기술	• (한계) 온실가스(HFC)를 냉매로 이용한 압축식 냉각기술은 국제기후협약에 따라 환경적 이슈 존재하나 친환경 고체 냉각기술은 효율성 부족	• (도전목표) 실용적 냉각 출력 달성을 위한 신소재인 고체금속 및 냉각 시스템 개발
지속 가능한 지구	에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술	• (한계) 화석연료 사용에 따른 이산화탄소, 질소산화물 배출은 탄소중립을 위해 해결해야 할 문제로 이를 위해 고정화 기술개발이 추진 중이나, 보다 효율적인 두 원자간의 결합 에너지를 활용할 수 있는 기술개발 필요	• (도전목표) 탄소중립과 식량난을 동시에 해결할 수 있는 이산화탄소와 질소산화물의 결합 에너지 활용을 위한 새로운 엔진과 기술개발
	탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술	• (한계) 기존 에너지 패러다임 변화를 위한 바이오매스 자원은 지역에 따른 생산성 한계와 경작 과정에서의 환경 오염 문제 존재	• (도전목표) 편중된 생산성과 오염 문제를 해결하기 위해 바다에서 화학원료로 사용가능한 탄수화물을 생산할 수 있는 기술개발
	고온 열 저장 · 이송 시스템 설계를 위한 한계 기술	• (한계) 현재 산업계에서의 탈탄소화는 고온 열에너지 활용 문제로 어려운 실정	• (도전목표) 저온 폐열원을 활용하여 200℃이상의 열에너지를 발생 · 저장 · 활용할 수 있는 고온 열 에너지 저장 · 이송 시스템 개발로 종전 에너지 변환 효율 한계 극복
	전자 기기 사용 주기 종점에서의 미량 다중 금속 리사이클링 기술	• (한계) 산업에서 활용되는 희토류 등의 금속 자원은 수입에 의존하고 있어 글로벌 공급망 전환 등에 큰 영향을 받으며, 기존 회수 기술은 환경 오염 유발 가능성이 큰 문제가 존재	• (도전목표) 소량 복잡한 금속계의 재활용 및 오염 유발 극복을 위한 리사이클 기술 개발

분야	연구주제	現 한계	도전목표
디지털 웰 · 빙	디지털 뇌신경 브릿지	• (한계) 장애 발생 확률이 높고 완치율이 낮은 뇌졸중은 뇌세포 복원 위주의 개발이 추진 중에 있으나 10년 이상의 기한 소요 예상	• (도전목표) 이미 손상된 뇌세포 복구 · 복원이 아닌 BCI 기술을 통해 뇌 신호를 우회 · 전달하여 뇌의 가소성을 이용하여 빠른 시일 내로 복구 가능한 뇌세포를 치료 · 회복하는 기술개발
	Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술	• (한계) 현재의 관상동맥 중재술(풍선 확장술, 약물 방출 스텐트) 등은 효과와 부작용, 치료제 복용 등의 문제가 존재	• (도전목표) 스텐드를 사용하지 않고 기존의 스텐드 기술과 동일한 효과를 내는 layer 기술개발
	생체리듬 제어를 통한 정밀 질환 치료법	• (한계) 생체리듬이 유전자와 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌으나 기초연구와 항암제 투여 시기 조절에만 활용되고 있는 실정	• (도전목표) 생체리듬 제어를 주요 질환 치료법의 일부로 활용하여 질환 치료의 새로운 패러다임 제시
	데이터 파동 변화 예측를 통한 팬데믹 조기감지시스템	• (한계) 대다수의 국가들이 코로나와 같은 아웃브레이크 전략을 사후관리에서 조기감지 및 대응체계 준비로 전환	• (도전목표) 기존의 POC 센서 기반이 아닌 개인적, 사회적 파동의 변화 감지에 초점을 맞춘 기술개발
혁신 첨단 융합	Transformer를 뛰어넘는 foundation model 구조 개발	• (한계) 최근 Mamba[5] 등 State Space Model이 제시되어 각광 받고 있는바, Transformer를 대체할 수 있는 다른 모델 구조를 고안 필요 - Hidden state 이동을 위한 변환 구조 단순화 및 효율화 필요	• (도전목표) Transformer 구조의 한계를 극복한 새로운 foundation model 제시 - Transformer 구조의 데이터/연산 비효율성 극복 - 다양한 형식 및 구조의 입력 데이터를 사용 가능한 구조 제시 - LLM을 포함한 다양한 응용 분야에서의 활용 가능성 제시
	Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발	• (한계) Adam은 확률론적 1차 미분치 정보와 학습 궤적 정보를 활용한 알고리즘으로, 고정된 하이퍼파라미터 사용에 따른 상황 대처 능력의 한계를 지님	• (도전목표) 다양한 AI 모델 학습에 대해 이론적으로 증명 가능하며 실험적으로도 가장 빠른 학습 속도를 제공할 수 있는 AI 학습 최적화 알고리즘 개발
	Neural ODE 기반 domain specific foundation mode	• (한계) Neural ODE은 반도체 공정 및 전 세계적 추세인 신재생 발전, 대기질 관리 등 다양한 분야에 활용될 수 있어 파급효과가 높음에도 불구하고 높은 계산 비용 및 학습의 어려움, 안정성 이슈, 실시간 성능 문제 등으로 인하여 활용 미흡	• (도전목표) ODE solver, 표현 능력 및 해석 가능성을 보완하기 위한 연구개발이 진행 중에 있으며, 원천기술 확보 여지 존재

분야	연구주제	現 한계	도전목표
	양자컴퓨터를 이용한 자연언어처리(NLP) 및 LLM 구현 방향 연구	• (한계) AI 칩 스타트업 그록은 기존 GPU 보다 훨씬 빠르고 에너지 효율적인 '언어 처리 장치(Language Processing Units, LPU)' 추론 엔진 개발에 집중	• (도전목표) 습과 추론이 동시에 효율적으로 가능한 LPU 개발
스마트 안전	미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발	• (한계) 새로운 화학작용제의 지속 출현으로 예측 독성 예측이 어려운 상황이며, 지속 시스템은 완전 자율형 독성판별 기술이 부재	• (도전목표) 미지의 화확작용제를 신속·정확하게 탐지·식별하기 위한 인공지능 기반 자율형 독성판별분석 시스템 개발
	물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동 반응 소재 시스템개발	• (한계) 기존 지상 및 해양 재난 현장에서의 대형 기계장치 활용은 무게, 부피, 휴대성, 수중 구동 등의 이유로 문제점이 존재하여 저전압·자율 수중 구동장치 개발이 추진 중이나 실용적 가치는 제한적	• (도전목표) 물에 반응하여 저전력 기반 강한 힘을 발휘할 수 있는 소재와 액추에이터, 시스템 개발
	데이터센터 보안을 위한 고도화된 사이버 공격 대응 시스템 구축	• (한계) 클라우드 보안 강화와 사이버 공격 방지 시스템 개발이 활발히 진행되고 있으며 국내에서도 데이터센터 보안에 대한 연구가 진행 중이나 상용화된 보안 솔루션 도입과 통합 시스템 구축은 미흡한 상태	• (도전목표) 데이터센터의 물리적 보안과 사이버 보안의 통합 관리가 가능한 고도화된 보안 시스템 구축
	재난 현장에서 인명을 탐색하는 마이크로봇	• (한계) 대형 재난 현장에서의 인명 구조 체계 필요성 증대 - 사람이 직접 접근이 어려운 재난 현장에 1차 조치용 마이크로 로봇 필요	• (도전목표) 나노소재 기술을 기반 광대역 원격 조절이 가능한 재난 현장 투입용 마이크로봇 개발

5) https://arxiv.org/abs/2312.00752

제5장. 사업 기본방향 수립

5.1 사업 비전 및 추진 체계

5.2 사업 구성 및 규모

5.3 사업 세부 운영 방안(안)

5.4 성과 관리 지표 설정 방안

5장. 사업 기본방향 수립

1절. 사업 비전 및 추진 체계

1 사업 비전 및 목표

❑ 동 사업은 도전적 R&D 환경조성을 통한 과학기술 선도 국가 도약이라는 비전 아래, 도전·혁신적 연구문화 정착 및 변혁적 기술 확보를 목표로 추진

❍ 범지구적 난제를 해결하는 파괴적 혁신 기술 개발에 도전하는 R&D 사업 추구



<그림 5-1> 사업 비전 및 추진 체계도

2 사업 추진체계 및 역할

❑ 사업 추진체계 및 역할



<그림 5-2> 동 사업 추진체계

<표 5-1> 추진체계 주체별 역할 및 책임

구분		주요 역할
과학기술정보통신부		• 동 사업 기획 · 운영, 대내외 협력 등 필요한 주요 사항 지원
한국연구재단		• 책임PM 공모 및 선발, 사업 운영 지원
한계도전전략센터		• 독립된 부설기관으로 독립 및 신설 • 사업의 시행계획 수립 및 공고, 연구단/지원단 선정 · 관리, 평가, 성과확산 등 사업의 전반적인 운영과 관리 담당
책임PM		• 책임PM 전주기 연구분야 발굴, 연구과제 기획 · 연구팀 운영, 과제 운영 및 성과관리(Tech to Impact연계지원) 등
연구지원조직	운영지원	• 한계도전 프로젝트 진행을 위한 행정적 지원 수행
	SETA (외부지원조직)	• 센터 외부에서 책임PM을 지원하는 전문 지원조직 : 기술적 지원, 연구 프로그램 관리 지원, 문서지원 등 책임PM 역할 수행 전반에 걸친 지원 수행 : (SETA) 책임PM 연구분야별 외부 전문지원기관 설정을 통한 지원
Tech to Impact		• 기술사업화 지원을 중점으로 하는 지원조직으로 국제협력 진행지원 및 종료 이후에도 기술사업화 및 후속연구 연계 지원
연구주제발굴자문단		• 책임PM분야별 연구주제발굴자문단을 구성하여 국가미션형 연구분야 발굴에 활용 및 과제계획서 작성 및 책임PM 임무설정 지원

3 한계도전전략센터 운영 활용 방안

❑ 한계도전 R&D 프로젝트가 고위험·고수익 R&D에 과감히 투자하고 대내외 환경변화에 유연하게 대응할 수 있는 기획-평가-관리 체계 구축을 위해선 별도로 독립된 전문기관 설립 필요

❍ 기존 한계도전 R&D 프로젝트를 수행하기 위한 전문조직인 한계도전전략센터를 전문기관(한국연구재단) 내 부설 혁신연구기획원(한계도전전략센터)으로 별도 신설하여 기관의 독립성 및 책임PM 중심의 운영체계 확보 필요

- (위계 구성) 기민하고 유연한 의사결정을 가능하도록 수평적 의사결정 체계 구축

  ➟ DARPA 또한 국장-실장-PM으로 구성된 유연하고 수평적 조직으로 사업을 수행하고 있으며 이는 정확한 소통과 빠르고 신속한 의사결정을 가능하게 하는 것으로 파악

  ➟ DARPA는 미국 국방부 산하의 독립 기관으로써 설립 당시, 독립성을 매우 중요하게 생각하여 국방부 고위층에 직접 보고하는 체계를 구축

- (지속성) 5개의 분야(소재, 기후·에너지, 바이오헬스, 첨단융합, 공공안전)에서 수행되는 다양한 과제의 원활한 수행을 위해선 독립 기관으로의 운영을 통하여 예산 확보의 안정성과 지속성을 보장받아야 함

- (유연·자율성) 책임PM 중심의 평가단 구성 및 평가 가이드라인 수립을 통하여 제한적인 역할을 부여하여 한계도전전략센터의 자율성 강화

❑ 한국연구재단 내 한계도전전략센터를 별도의 부설기관으로 독립·확장하여 구축·설립 필요

❍ (설립 방식) '24년 5월에 제정된 「한계도전 R&D 운영규정」을 통하여 현재의 한계도전 전략센터가 한계도전 R&D를 기획 및 운영하기 위해 전문기관으로 설치되어 독립성을 가지고 운영되는 센터로 정의

- 한계도전전략센터를 「한계도전 R&D 운영규정」을 기반으로 하여 한국연구재단 내 「정보통신기획평가원」 과 유사한 부설기관으로 확장될 수 있도록 내규 개정 및 필요시 법적 근거 마련 검토 필요

❍ (설립 목표) 도전·혁신형 연구개발의 기획-관리-평가-활용 全 주기에 걸친 활동을 전담하여 총괄 지원하기 위함으로 도전적 연구문화 정착과 책임PM주도의 다양한 접근 방식을 통해 세계 최고 또는 최초 수준을 지향하는 혁신적 파급효과 창출

- 소재, 기후·에너지, 바이오헬스, 첨단융합, 공공안전 분야에서 성공 시 파급효과가 크지만 실패 위험성이 높아 민간에서 투자하기 어려운 연구 주제 및 과제들을 책임PM 주도하에 도출

❑ (추진 체계) 수평적인 의사결정 체계와 책임PM 중심의 운영체계 구축

❍ 대내외 환경변화에 기민하게 대응할 수 있는 2단계의 조직체계 구성으로 정확하고 빠른 의사결정 체계 구축

- '센터장-책임PM'으로 이루어진 2단계의 의사결정 체계를 통하여 한계도전전략센터는 간결하고 평면적인 조직체계를 구축하고 이를 통하여 기존 R&D의 문제점으로 지적된 관료제 및 제도 고착과 행태 고착을 타파

<표 5-2> 한계도전전략센터 추진 체계

구분	책임PM 주도의 사업 기획
센터장	• 신규 프로그램 최종 승인, R&D 예산 관리, 중앙기관(과기정통부, 국회) 대응 등 동 사업의 총괄 관리 수행
책임PM	• 해당 분야 프로그램의 장기적 연구 계획 및 예산 계획 수립 • R&D 프로그램 기획-평가-성과 관리 등 전주기 관리 및 예산 분배, 평가 등 수행

❍ 한계도전 R&D 프로젝트는 책임PM의 권한과 역할이 막중한 사업임에 책임PM의 역할을 지원하고 사업의 투명성과 공정성 확보를 위한 운영 체제 구축 필요

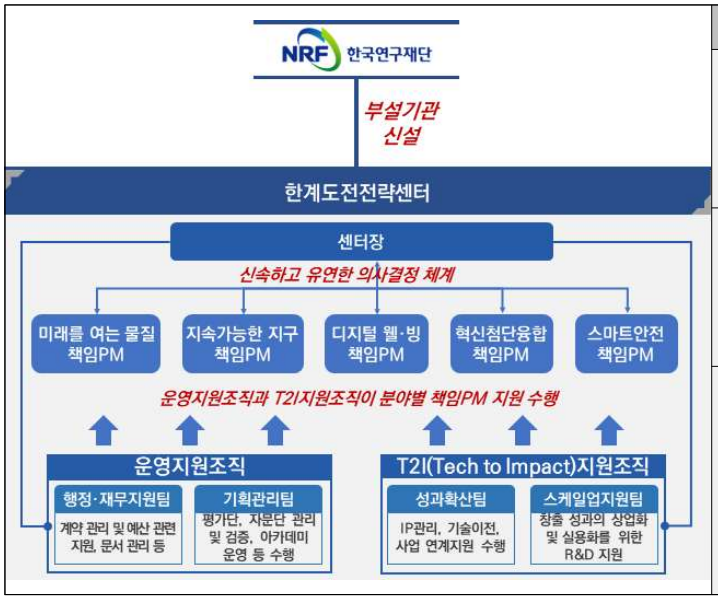
- (내부 운영지원조직) 경영 및 사업관리 전문가들로 구성된 지원팀인 행정·재무지원팀과 기획관리팀을 구성하여 인사지원(채용 및 관리), 행정지원(개인정보, 문서관리, 시설관리, 출장관리), 계약지원(계약조건 협상, 체결 등) 등을 수행

- (Tech to Impact) 창출 성과 확산을 위한 기술이전 및 타 부처·타 사업과의 연계를 지원하고 상업화를 위한 Scale-up R&D 수행을 위한 관련 운영 지원

➟ 성과확산팀과 스케일업지원팀을 구성하여 각 영역에서의 책임PM 지원 수행

- (외부 운영지원조직: SETA) 연구주제 및 과제 도출과 과제 수행에 있어 필요한 기술적 자문과 전반적인 행정적 지원을 위한 외부의 전문 지원조직 운영

➟ 센터 외부에서 책임PM의 활동을 다방면에서 지원하는 조직으로 책임PM이 연구주제 혹은 과제 당 외부 지원조직의 규모를 결정



구분	주요 내용
한계도전 전략센터	• 책임PM 중심의 연구 전주기 관리 및 지원 수행 • 센터장-책임PM으로만 구성된 의사결정 체제
운영 지원조직	• 연구비 관리, 연구 수행 및 계약 관련 법적 지원, 행정지원 등을 수행하는 한계도전전략센터의 내부 운영지원조직
T2I 지원조직	• 창출 성과의 확산을 위한 IP전략수립과 기술이전 등을 위한 기술사업화 지원 수행 • 타 부처 및 사업 연계 지원과 스케일업 R&D 운영 지원 등을 수행하는 내부 사업화지원조직

<그림 5-3> 한계도전전략센터 추진체계

❑ (운영지원조직) 한계도전전략센터의 사업 관리를 포함한 행정적 지원을 수행함으로 책임PM의 역할 부담을 축소하기 위한 지원 조직

❍ (행정・재무지원팀) 자료・기록물 및 데이터 관련 문서 지원 및 관리 수행 등의 행정적 지원과 계약, 예산 관리 등의 재무적 지원을 수행하는 팀을 조성하여 한계도전전략센터의 지속성과 독립성 제고

❍ (기확관리팀) 상위 부처 및 사업 감사 대응을 위한 관리 지원과 책임PM의 재량으로 구성되는 평가단 및 자문단 등을 관리하며 이해관계자 검증 등을 수행

- SETA와의 협력 등을 통한 과제 관리 및 책임PM 지원을 통한 전반적인 사업 관리 수행
- 차후 한계도전 아카데미(가칭) 운영을 위한 프로그램 구성 수행을 통한 강사 및 교육생 관리 수행 예정

<표 5-3> 운영지원조직 내 팀 구성(안)

구분	주요 내용
행정・재무지원팀	• 5명의 행정직원과 재무직원으로 팀을 구성하여 사업 관리와 계약 관리 등을 수행
기획관리팀	• 1명의 인원으로 구성된 팀을 구성하여 사업 기획 및 운영 전반에 대한 관리 수행

❑ (T2I지원조직) 창출 성과의 확산을 통한 파급력 제고를 지원하는 조직

❍ (스케일업지원팀) 창출된 과학기술의 실현화를 위하여 기술사업화를 추진하는 Scale-up R&D 기획 및 운영 지원을 위한 팀 구성으로 책임PM 지원 수행

- Scale-up R&D 지원과 연구과제의 이어달리기 사업 지원 및 정보 관리를 수행을 통하여 사업화 지원 등을 수행
- 민간 기업 및 금융 연계를 통한 R&D 지원 수행

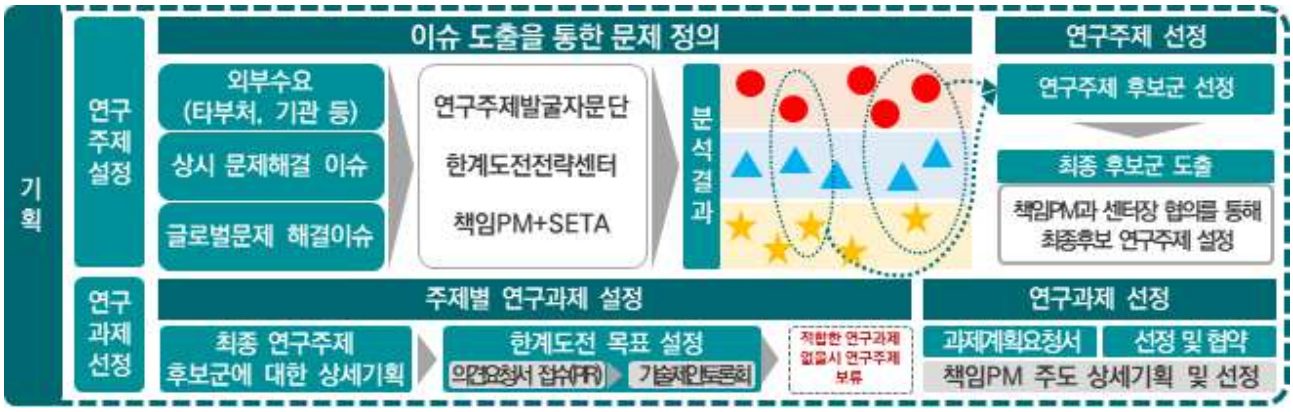
<표 5-4> T2I지원조직 내 팀 구성(안)

구분	주요 내용
스케일업지원팀	• 연구성과 실용화 촉진을 위한 사업 구성 및 스케일업 R&D 운영 관리

2절. 사업 구성 및 규모

❑ 동 사업은 연구개발 과정과 목표의 명확성 정도를 파악하여 책임PM의 주도하에 연구과제 수행을 위한 방법론을 설정

❍ 책임PM, 한계도전전략센터, 연구주제발굴자문단 등에서의 수요 확보를 통해 문제를 도출하고 책임PM의 문제 정의 및 연구주제 선정을 통한 사업 추진



<그림 5-4> 동 사업 기획 및 연구과제 도출 과정

❑ (세부 과제의 산출 근거) 동 사업은 미국의 DARPA의 PM제도를 도입하여 수행되는 HRHR(High Risk-High Return) 사업임을 감안하여 국내외 도전·혁신형 R&D 사업의 지원 규모와 기간을 조사·분석하여 지원 규모를 도출

❍ (해외) (美)DARPA, (日)Moonshot, (獨)SPRIN-D의 사업 규모와 주요 프로젝트의 예산 규모를 조사·분석

- (DARPA) 프로그램 별 과제 수 및 예산, 기간 모두 상이하였으며 '23~'25년간의 지원 규모로 판단 시 프로그램 당 연평균 1억 2,180만 달러(약 1,674억 원), 과제당 연평균 166만 달러(약 22.8억)으로 산출

<표 5-5> 공개된 DARPA의 주요 프로젝트 예산

(단위: 백만 달러)

프로그램	프로젝트 수	과제수	`23년도 예산	`24년도 예산	`25년도 전체 예산	프로젝트 당 연평균 예산	과제 당 연평균 예산
DEFENSE RESEARCH SCIENCES	5	32	367.978	311.531	303.83	65.6	10.2
BASIC OPERATIONAL MEDICAL SCIENCE	1	11	73.355	50.43	99.048	74.3	6.8
BIOMEDICAL TECHNOLOGY	1	13	104.15	141.081	169.198	138.1	10.6
INFORMATION & COMMUNICATIONS TECHNOLOGY	3	36	365.033	333.029	397.266	121.7	10.1
BIOLOGICAL WARFARE DEFENSE	1	1	21.717	0	0	7.2	7.2

<표 5-5> 공개된 DARPA의 주요 프로젝트 예산

(단위: 백만 달러)

프로그램	프로젝트 수	과제수	`23년도 예산	`24년도 예산	`25년도 전체 예산	프로젝트 당 연평균 예산	과제 당 연평균 예산
TACTICAL TECHNOLOGY	4	17	203.644	234.549	117.935	46.3	10.9
MATERIALS AND BIOLOGICAL TECHNOLOGY	2	27	316.176	344.986	337.772	166.5	12.3
ELECTRONICS TECHNOLOGY	2	49	527.882	572.662	573.265	279.0	11.4
ADVANCED AEROSPACE SYSTEMS	1	14	242.369	331.753	269.7	281.3	20.1
SPACE PROGRAMS AND TECHNOLOGY	1	5	76.9	134.809	225.457	145.7	29.1
ADVANCED ELECTRONICS TECHNOLOGIES	2	7	243.11	254.033	257.844	125.8	36.0
COMMAND, CONTROL AND COMMUNICATIONS SYSTEMS	3	13	291.58	321.591	336.542	105.5	24.4
NETWORK-CENTRIC WARFARE TECHNOLOGY	3	16	662.126	885.425	886.511	270.5	50.7
SENSOR TECHNOLOGY	3	12	292.757	358.58	267.961	102.1	25.5
MISSION SUPPORT	1	1	96.637	99.09	113.007	102.9	102.9
SMALL BUSINESS INNOVATION RESEARCH	1	1	126.852	0	0	42.3	42.3
MANAGEMENT HQ - R&D	1	1	15.008	14.833	14.577	14.8	14.8
합계	35	256	4027.274	4388.382	4369.913	121.8	16.6

* 출처: Defense Advanced Research Projects Agency-Budget Estimates FY 2025-RDT&E Program

<표 5-6> 해외 도전·혁신형 R&D 사업 규모

사업명	주요 내용
DARPA (美)	• 단기간의 타당성 검증을 위한 R&D는 100만 달러 내외로 수행 (과제 당 13억 내외) • 본 연구는 프로그램 당 상이하여 연 평균 1억 2180만 달러 규모로 지원되며 과제당으로 산출 시 166만 달러(약 22억 내외) 규모 지원 수행
Moonshot (日)	• 5년간 지원되는 사업에 1,150억엔 규모 지원 (연 평균 2,300억 원의 지원으로 총 10개의 테마 수행)
SPRIN-D (獨)	• (Project GmbH) 연간 400만~1,500만 유로 지원(연간 58억~220억 원) • (Challenges 프로그램) 2년~3년 동안 약 50만~300만 유로 지원(약 7억~44억 원)

❍ (국내) 한계도전 R&D 사업과 유사 사업인 혁신도전 프로젝트, 알키미스트 프로젝트, 한국형 ARPA-H 프로젝트의 사업 규모를 조사·분석하고 한국연구재단에서 수행 중인 원천기술개발 사업의 규모 또한 조사·분석 수행

- 알키미스트 프로젝트는 DARPA와 유사한 경쟁형 R&D로 진행되어 프로젝트 당 최대 227억 원의 지원을 수행하며, 한국형 ARPA-H 프로젝트는 프로젝트 당 평균 180억 원 내외 규모로 지원

<표 5-7> 국내 혁신·도전형 R&D 사업 규모

사업명	지원 규모	단계별 진행
알키미스트 프로젝트	과제당 최대 7년/ 207억원	• 1단계 개념연구(과제당 9개월 / 2억 원) → 2단계 선행연구(과제당 1년 / 5억 원) → 3단계 본연구(과제당 5년/ 40억 원)
혁신도전 프로젝트	(단기) 과제 최대 3년 / 300억 미만 (중장기) 과제당 최대 9년	• 탐색형: 1단계 개념검증(최대 3년/300억 원) + @ • 패키지형: 1단계 개념검증(최대 3년) → 2단계 기술성검증(최대 3년) → 3단계 사업성검증(최대 3년) * 기획: 6개월 / 1.2억 원
ARPA-H 프로젝트	과제당 최대 5년 / 평균 40억	• PM 당 3개 내외의 프로젝트 기획 및 수행 : 프로젝트 평균 180억 원 규모
과학난제도전 융합연구	과제당 4.5년 / 20억	

- 한계도전 R&D 사업과 유사한 성격의 한국연구재단의 주요 원천기술개발 사업의 과제당 지원 규모를 파악

<표 5-8> 유사한 한국연구재단 원천기술개발사업의 과제 당 연평균 지원 규모

사업명		연구기간	총지원금액	연평균 지원금액
STEAM 사업	BRIDGE 연구개발	3년	30억 원	10억 원
	과학기술인문사회융합연구	4년	27.5억 원	6.9억 원
	미래유망 융합 파이오니아(도전)	5년	45억 원	9억 원
	미래유망 융합 파이오니아(전략)	4년	47.8억 원	12억 원
PIM인공지능 반도체 핵심기술개발		3년	58억 원	20억 원
나노소재 기술개발사업	기술개발	3~4년	43.8억 원	11.5억 원
	나노미래소재 원천기술개발사업	4년	38.2억 원	9.5억 원
바이오 의료 기술개발사업	미래감염병 기술개발사업	4년	38억 원	9.5억 원
	차세대 바이오	4년	81.4억 원	20억 원
뇌과학선도융합기술개발사업		2~4년	23억 원	6.9억 원
국가반도체연구실핵심기술개발사업		4~5년	24.5억 원	5.5억 원
초고성능컴퓨팅 SW 생태계 조성		5년	46.5억 원	9.3억 원
평균		4년1개월 (49개월)	41.97억 원	10.84억 원

한계도전R&D프로젝트	3년	주제당 4개 과제 수행 40억 원 X 3년= 120억 원	과제당 연간 10억

❑ (동 사업 과제 규모) 한계도전 R&D 프로젝트는 국내외 도전·혁신형 R&D 사업과 한국연구재단 내 주요 원천기술개발사업의 규모 등을 고려하여 과제 수 및 사업비를 도출

❍ 동 사업은 ①세상에 없는, ②세상을 변화시키는, ③기존의 한계를 넘어서는 원천적 기술개발을 위하여 과제당 3년의 기간과 연간 10억 원 내외의 예산 지원을 수행 예정

- 한국연구재단의 유사 원천기술개발사업의 평균 지원 기간은 49개월로 나타났으며, 지원 금액은 41.97억 원, 연평균 10.84억 원으로 나타남

- 동 사업에서 5개 분야에서 9개 주제를 발굴하여 각 주제당 4개의 과제를 3년간 수행함을 가정하여 각 과제별 연간 10억 내외의 연구비를 상대적으로 짧은 기간인 3년 안에 집중 지원하여 변혁적 성과창출 추진 수행

❍ (Seedling) 아이디어 개념검증을 위한 Seedling 과제는 5개 분야 당 연간 2억 규모로 지원하며 이는 동 사업과 유사한 사업인 알키미스트 프로젝트의 개념연구(1단계)와 유사한 규모

- 사업의 성공률 제고를 위하여 도전적 아이디어의 실현 가능성을 검증하는 R&D를 수행하며, 분야별 연간 2억 원(총 10억 원)을 책임PM 주도하에 자율적으로 추진

➟ Seedling 과제를 수행하여야 본 R&D가 진행되는 것이 아니며, 사업의 성공률 제고를 위하여 실시되는 추가적인 단기·소형 R&D 과정임에 따라 Seedling 이후 본 연구로 이어지지 않는 과제들이 중복성의 문제에 걸리지 않도록 타 사업으로의 연계 지원 수행 추진

➟ 또한, 사업 기간 마지막 년도인 10년차에는 수행하지 않음

❍ (Scale-up) 사업 성과의 활용 확산을 위하여 기술 실현화 단계의 Scale-up R&D를 수행하며, 책임PM의 재량하에 지원을 결정하며, 총 850억 원 규모의 연구개발의 규모를 설정 예정

- 사업의 성과가 창출 것으로 예상되는 사업 4년 차부터 Scale-up R&D를 진행하며, 분야별 20~30억 원을 활용하여 성과의 확산, 실용화 등을 위한 R&D 추진

<표 5-9> 동 사업 R&D 과제 유형

내역사업		주요내용
과제 유형	Seedling [90억]	• 연구주제 내 획기적인 아이디어로 검증이 필요한 과제를 소액, 단기 투자를 통해 검증하는 R&D
	한계도전 R&D [5,400억]	• 성공할 경우 기존 패러다임을 바꿀만한 혁신을 창출하 R&D 과제로 임무 및 목표를 제시하여 기획되는 과제 유형 * 4년 이내/과제당 10억원/연(총 30억 원), 5개 분야 45개 주제
	Scale-Up [850억]	• 과학기술적 성과를 산업계와 연계를 통해 Scale-up R&D, 기술이전 등을 통해 경제·사회적 파급효과를 극대화 * 4년차부터 Scale-up R&D 수행
지원 체계	SETA [100억]	• 분야별 전문지원조직 구축 활용을 통해 책임PM의 의사결정을 지원하는 도구
	지원조직 [309억]	• *평가비, 기획추진비, 책임PM, 자문단, 센터운영비 포함

❑ 동 사업은 10년('26~35년) 동안 약 6,749억 원 규모의 투자 지원 예정

❍ (사업규모) 분야별 책임PM은 연 40~160억의 예산을 활용하여 목표 달성을 위해 다양한 방법론 활용 예정

- 대내외적 환경변화, 기획 프로그램의 주제·성격·취지 등에 따라 책임PM의 자율적 예산 배분 및 예산의 유연한 변경 가능

- 분야별 책임PM은 사업기간 동안 최대 9개의 연구주제를 설정하고 목표 달성을 위한 과제 수행에 있어 예산 집행의 자율성을 지님

<표 5-10> 동 사업 지원 규모

(단위: 억 원)

구분			1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	소계
R&D		Seedling	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	90
		한계도전 R&D	400	600	800	600	600	600	600	600	400	200	5,400
		Scale-up R&D	-	-	-	100	100	100	150	150	150	100	850
		합계	410	610	810	710	710	710	760	760	560	300	6,340
운영비	책임PM	책임PM 인건비	10	10	20	10	20	10	20	10	20	10	140
		SETA	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
		센터장 인건비	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	25
	운영지원	사업기획실	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
		사무행정	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
		기획평가 추진비 공통	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
		기획평가 추진비 과제연계	4	6	8	6	6	6	6	6	4	2	54
	합계		35.5	37.5	49.5	37.5	47.5	37.5	47.5	37.5	45.5	33.5	409
총 합계			445.5	647.5	859.5	747.5	757.5	747.5	807.5	797.5	605.5	333.5	6,749

❍ (총 과제수) 분야당 9개 주제, 주제당 4개 과제(3년) 수행으로 36개의 과제를 수행하여 전체 5개의 분야에서 180개의 과제를 수행

<표 5-11> 분야당 연차별 과제 수

(단위: 건)

구분	과제수	연차별 과제									
		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차
주제1	4	4	4	4							
주제2	4	4	4	4							
주제3	4		4	4	4						
주제4	4			4	4	4					
주제5	4				4	4	4				
주제6	4					4	4	4			
주제7	4						4	4	4		
주제8	4							4	4	4	
주제9	4								4	4	4
합계	36	8	4	4	4	4	4	4	4	-	-
5개 분야 합계	180	40	20	20	20	20	20	20	20		

: 신규과제 시작

❍ (분야별 투자) 과제당 10억 원, 주제당 4개 과제 수행을 통하여 연간 주제당 40억 원의 지원 수행

* 책임PM 1인 당 평균 12개 (연도별 8~16개) 120 억 원 내외

<표 5-12> 동 사업 연구분야별 지원 규모

(단위: 억 원)

연구분야	연구주제	주제별 합계	연구과제	PM1기 1년차	2년차	PM2기 3년차	4년차	5년차	PM3기 6년차	7년차	PM4기 8년차	9년차	10년차	합계
한계도전 R&D	주제1	120	신규	40										40
			계속		40	40								80
	주제2	120	신규	40										40
			계속		40	40								80
	주제3	120	신규		40									40
			계속			40	40							80
	주제4	120	신규			40								40
			계속				40	40						80
	주제5	120	신규				40							40
			계속					40	40					80
	주제6	120	신규					40						40
			계속						40	40				80
	주제7	120	신규						40					40
			계속							40	40			80
	주제8	120	신규							40				40
			계속								40	40		80
	주제9	120	신규								40			40
			계속									40	40	80
	주제별R&D 합계			**80**	**120**	**160**	**120**	**120**	**120**	**120**	**120**	**80**	**40**	**1,080**
	시들링			2	2	2	2	2	2	2	2	2		18
	Scale-up R&D						20	20	20	30	30	30	20	170
	1개 분야 합계			82	122	162	142	142	142	152	152	112	60	1,268
5개 분야 합계				**410**	**610**	**810**	**710**	**710**	**710**	**760**	**760**	**560**	**300**	**6,340**

3절. 사업 세부 운영 방안(안)

❑ 동 사업의 추진 프로세스(기획-관리-성과)별 주요 내용

<표 5-13> 사업추진 프로세스

구분	글로벌 문제 및 국가 미션에 부합하는 주제 발굴
한계도전형 수요확보	• 글로벌 문제해결, 국가 미션 및 과학기술정보통신부의 과학기술 목표 등을 고려한 연구주제 발굴 • 책임PM과 연구주제발굴자문단은 분야별 연구수요조사와 상시수요(온라인수요)의 검토를 통해 국가미션에 부합하는 연구주제 발굴 • 산업부 알키미스트프로젝트, 보건복지부 ARPA-H 연구주제 중복성 검토
주제 발굴	• 글로벌 문제해결, 국가 미션 및 과학기술정보통신부의 과학기술 목표 등을 고려한 연구 주제 발굴 • 향후 경제·사회적으로 문제가 될 수 있는 이슈를 발굴하여, 동 이슈를 해결할 수 있는 연구주제 발굴
연구주제 설정	• 발굴된 주제에 대해 산업계, 연구계의 정보를 수집→프로그램 상세화 • 책임PM 프로그램을 설명하고 연구자와 토론을 통해 필요 기술에 대한 공감대 형성, 신청 희망 연구자들간의 연구팀 구성 • 책임PM과 센터장의 최종적 검토를 통해 연구주제 최종 확정

한계도전형 수요확보	
연구주제 발굴	
연구주제발굴자문단	외부수요
한계도전전략센터	온라인 수요조사
책임PM	SETA(대내외 현황)

▶

연구주제 발굴 및 설정		
연구주제 후보군 발굴	책임PM & 센터장의 후보군 선정	최종 연구과제 후보군 선정

▼

구분	책임PM 주도의 과제 기획
주제별 과제설정	• 주제별 문제해결을 위한 세부과제 설정은 책임PM과 연구주제발굴자문단 주도로 설정하되 해당분야의 전문가들과의 교류, 협력, 공감대 형성을 통해 문제해결을 위한 한계도전형 과제를 발굴하여 추진
한계도전형 목표 설정	• 발굴된 분야(주제)에 대해 산업계, 연구계의 정보를 수집→과제 상세화 • 책임PM은 주제를 설명하고 연구자와 토론을 통해 필요 기술에 대한 공감대 형성, 신청 희망 연구자들간의 연구팀 구성 • 책임PM간의 회의를 통해 연구과제와 과제별 목표를 최종 설정
과제선정 및 협약	• 책임PM이 중심이 되어 연구자를 선정하고, 책임PM과 연구자는 협의하여 해당 연구의 중요 마일스톤 및 추진방식 등을 협의 • 과제 목표 달성을 위하여 책임PM은 마일스톤 설정을 통해 추진방식을 자율적으로 설정(포트폴리오형,경쟁형,협력형 등)

주제별 과제설정	한계도전형 목표 설정		과제 선정 및 협약	
최종 연구주제 후보군에 대한 기획 추진	의견요청서 접수 (PIR)	기술제안토론회	과제계획요청서 공고 (PPR)	선정평가 및 연구수행
	기획 방향 공유 및 의견수렴	과제 기획 구체화 및 관련 토론 수행	책임PM 주도의 프로그램 기획	책임PM 주도의 선정

▼

구분	자율과 책임 기반의 연구 수행
책임PM 중심의 과제관리	• 연구주제별 해당 임무 달성을 위한 과제 목표를 설정하고 단계별 마일스톤 평가, 포트폴리오 진행 상황 점검, 과제 수 및 연구단 수 변경 등 PM의 권한으로 설정 - 마일스톤 미달성에도 불구하고, 사전적으로 정의된 최종결과물을 얻는 것이 가능하다고 판단 될 경우 마일스톤을 재협의하여 프로젝트 지속
단순한 조직구조와 의사결정 체계	• 연구의 진행 상황 및 애로사항 등을 수시로 책임PM, 센터장과 논의 등을 통해 자율적이고 독립적으로 판단하여 R&D지원 수행 - 국내외에서 유사 기술이 먼저 개발된 경우의 연구방향 전환, 연구 한계 봉착 등 발생하는 이슈에 대해 책임PM에 공유하여, 대응방안 도출
과학기술 중심 최종평가	• 성공 · 실패 대신 연구개발 성과를 성과발표회 형식을 통해 발표 → 연구 진행의 도전, 실패, 극복의 중간 과정에서의 성과와 최종 목표 달성 등을 평가 • 연구 추진 당시 인식한 과학기술 목표 설정이 어느 정도까지 진보되었는지 정량적 기술개선 정도를 제시

▼

구분	R&D 성과물 활용성 제고를 위한 성과 확산 및 활용
전담 지원조직	• 기술사업화 자문(Tech to Impact) 역할을 하는 전문가로 성과활용 지원 전담조직 구성 • 성과활용이 가능한 잠재적 외부자원(고객, 협력기관 등)의 우선순위를 T2I에 공유하여 네트워킹 및 파트너 발굴을 지원하도록 하여 기술사업화 지원 프로그램과 연계
성과관리 및 센터평가	• 수행기관 자체적으로 성과활용 목표를 수립하고, 이를 달성하기 위한 계획서 작성 • 지원 종료 후 10년 간 연구개발성과 활용 보고서 제출 및 추적평가 실시 • 도전적 과학기술문화 조성, 혁신도전형 책임PM 양성, 책임PM 연구지원 등을 주요 센터 평가지표로 설정

❍ 사업 프로세스 별 주요 내용 및 DARPA 모델과의 비교 분석 수행

단계		DARPA	단계		동 사업
기관 독립성		• 프로그램에 관한 철저한 독립성 • 예산 및 포괄적 운영방향은 의회와 국방부 등의 영향 받음	기관 독립성		• 독립된 한계도전전략센터에서 책임PM 주도하에 독립성과 자율성을 기반의 사업 수행
의사결정 방식		• PM 및 지도부의 개인판단 중시	의사결정 방식		• 책임PM의 역할 및 방향 중시
PM	역할	• 기획, 선정평가, 진도점검, 계속지원 결정에 주도적 역할 • 리뷰어 및 SME 선정	책임 PM	역할	• 사업의 기획-관리-선정-평가 全 과정에서 주도적 역할 수행 • 자문단 선정
	특별 권한	• 리뷰어 평가결과 수정요청 가능 • 부정 평가의견 불구 선정(안) 추천 권한		특별 권한	• 기획의 자율성
	견제 장치	• 프로그램 승인 : 국장 • BAA(안) 승인 : CMO 실장 • 제안자와 직접 소통 금지 : CO를 통한 소통 • 선정 추천(안) 승인 : SRO • 지원 수단 결정 및 조건 협상 : CO • 계속 지원 또는 종료 승인 : 국장		견제 장치	• 실명제: 과제 기획, 공고 과정 전반에서 책임PM의 실명제를 통해 외부의 연구자들이 직·간접적으로 모니터링 할 수 있는 체계 마련 • 투명제: 연구과정, 의사결정 과정을 홈페이지 등을 통해 외부에 투명하게 공개 • 문서화: 책임PM의 활동일지 작성 및 평가 반영, 주요 의사결정 상시 기록·모니터링 • 한계도전형 특정평가 실시 • 운영지원조직과 T2I지원조직 분리를 통해 책무성 제고 수행
	채용 형태	• 계약직(4~5년, 사실상 연임불가)		채용 형태	• 책임PM의 전문성, 아이디어의 혁신성 등을 고려하여 단기직으로 채용 • 계약직 3년(필요시 1~3년 연임 가능)
기획		• 비정형화 및 유연한 기획 과정 • 공식적 수요조사 과정 없으나, 국방부 및 각 군 수요 중요 • 토론, 현장방문, RFI 및 워크샵, Seedling 등 탐색활동 다원화	기획		• 비정형화 및 유연한 기획 과정 • 온라인 플랫폼을 통한 상시적 아이디어 수집으로 국가·사회적 문제와 기술적 이슈 조사로 분야 및 연구주제 발굴
1. 프로그램 기획		• 국방부 수요는 핵심적이지만 프로그램 기획은 DARPA권한 - 미션 및 연구주제는 국방부의 기술 수요를 받음(Top-down) - 연구주제는 PM주도 세부과제 발굴기획(Bottom-up) • 다양한 아이디어 탐색 및 구체화 활동(RFI, 워크샵, 탐색연구, 현장방문 등) • 기획 각 단계마다 Heilmeier Catechism 적용	1. 연구 주제 발굴 및 정의		• 미래트렌드 분석 및 국가 사회 현안 및 국정과제 등을 종합적으로 분석(분야별 SETA 지원)하여 문제를 정의하고 책임PM의 연구주제 도출 및 기획 수행 • 국정미션 수행을 통해 전략성 강화

단계	DARPA	단계	동 사업
2.1 BAA 공고	• 공고문 작성은 PM 담당이나, 관련 부서의 검토 절차 체계화 -공고 기간 : Program-specific BAA는 45일~90일 이내, Office-wide BAA는 45일~무제한 가능하나, 1년 이상 게시 경우 매년 재게시	2.1 의견 요청서 접수 (PIR)	• 연구주제 발굴을 위해 국가연구개발 공고시스템 내 동시 공고 및 공개 • 센터 자제 온라인 플랫폼을 통한 상시적 아이디어 수집으로 국가·사회적 문제와 기술적 이슈 의견접수에 활용 ※ (의견요청서, PIR) 책임PM이 연구과제 기획 및 포트폴리오 구성을 위해 관련 분야 전문가들에게 정보를 요청하는 과정
2.2 평가 방식	• 절대 평가(BAA/RA, 非 RFP 기반) • 서면평가 위주(사실관계 확인은 restricted interaction 활용)	2.2 PIR 평가	• 과제계획요청서의 정성적 평가
2.3 평가 주체	• 평가팀(Review Team) • 구성 : 규정된 담당부서, 리뷰어 (PM 또는 외부 전문가), SME ※ 외부 리뷰어는 공무원만 가능 • 리뷰어 수 : 지원규모 별 상이	2.3 평가 주체	• 책임PM의 평가단을 구성 및 추천하고 운영지원조직에서 최종적으로 섭외 확정 • (평가단) 책임PM, 해당분야 전문가 등
2.2. Proposers Day 개최	• BAA 공고 전 또는 후 선택 가능 • 참가자들 간 파트너쉽 형성 기회로도 활용	2.4 기술 제안 토론회 개최	• 의견요청서 제출자 및 관련 분야 전문가들을 초정하여 연구계, 산업계 현장의견 수렴 • 책임PM은 기술제안토론회 참가자들과의 토론 등을 통하여 과제 기획 수정·보완 수행
-	-	2.5 과제계획 요청서 확정 (PPR)	• 책임PM은 기술제안토론회, SETA 의견 수렴, 현장 소통 등을 통하여 연구주제 및 과제 관련 기획을 구체화 및 확정 • 과제계획요청서 도출 ※ (과제계획요청서, PPR) 연구목표, 연구내용 및 연구범위, 성과목표 등을 명시한 과제계획서
2.3. 접수 전/후 소통	• Open Discourse(접수 전) : BAA 공개 외 추가정보를 특정인에게 제공 시 반드시 공개(Q/A 등), FFRDC/UARC에 정보우대 금지 • Restricted Interaction(접수 후) : 제안자 접촉은 CO를 통해야	2.6 요청서 접수 전/후 소통	• 과제계획요청서 접수 공고 이후 과제 제안자와 책임PM의 접촉은 금지 (과제 관련 접촉은 한계도전전략센터를 통해서만 가능)
3.1. 평가 준비	• 평가팀 구성 : 리뷰어 수는 예상 과제 당 예상 지원금액별로 상이, 리뷰어와 SME 구성은 PM 권한, PM도 리뷰어 가능, 외부 리뷰어는 공무원만 가능(SME는 예외) • 별도 킥오프 회의 개최 • COI 존재 시 대리자 지정, 제한적 역할 등 상세히 규정	3.1 평가 준비	• 평가단 구성: 평가단은 책임PM을 중심으로 구성하며 최종적으로 센터에서 확정 (평가단 제척기준 완화를 통해 전문성 강화)
평가 준비	• 평가팀 킥오프회의 의무화 -상세한 평가요령 교육, 기관 차원 COI 검증 및 자기인증	3.2 평가 준비	• 평가팀 구성: 평가팀원은 과제의 규모 및 기한, 주제별로 상이
평가 지표	• 기술적 우수성(R&D역량, 기술이전역량 포함), DARPA 미션 기여도, 비용현실성	3.3 평가 지표	• 과학기술적 도전성, 연구계획의 적절성, 사업과의 적합성 등을 평가

단계	DARPA	단계	동 사업
평가표 작성	• 점수부여 없으며, 모든 리뷰어 및 SME가 구체적인 평가 의견서 작성 및 상세 평가요령 제공 - 구체적인 판단근거(해당 페이지), 평가 지표 및 제안서 상 정보만 활용 등	3.4 요청서 평가사항 도출	• 평가단과 책임PM이 평가표를 작성 • 상세평가내용 적절성은 운영지원조직과 센터장의 점검함
3.2. 제안서 접수	• 통상 제안서(Full Proposal) 접수 전 예비제안서 접수과정 거침 • 예비제안서 탈락자도 제안서 제출 가능 • 동일인이 BAA에 복수 제안서 제출 가능 • 통상 제안서 접수 기한 2회 설정 • 희망 지원 유형(award instrument)에 따라 접수 site 상이 • FFRDC, 정부연구소 등은 별도 승인 거쳐야 참여 가능, SETA 계약업체는 참여 불가	3.5 제안서 접수	• 과기정통부와 한계도전전략센터의 최종 과제계획요청서 확정을 통하여 과제 공고 • 센터 내 주제발굴제안 상시 접수
3.3. 선정 평가	• 절대 평가(BAA와 RA는 제안서 간 상대평가 하지 않음) • 적합성 통과 과제만 평가 • 결과통지 시 부적합 사유 및 예비제안서 탈락 사유 포함 • 1차 기한 내 접수된 제안서 우선 평가 • 평가요령에 관한 상세한 가이드 제시	3.6 선정 평가	• 책임PM, 평가위원 등으로 구성된 평가단의 정성적 평가를 통하여 평가 • 제안서 접수 전 센터 홈페이지 등을 통하여 과제 제안의 상시 접수로 Seedling 과제 진행 가능 (예비제안서 탈락자도 제안서 제출이 가능하며, Seedling 과제의 연계 과제 제안도 가능)
4.1. PM 리뷰 및 선정(안) 추천	• PM이 리뷰어의 평가결과에 미동의 시, 평가결과 재협의 가능 • 재협의 결과에 상관없이 PM은 본인 선호 선정(안) 추천 가능	4.1 평가 결과 협의	• 책임PM이 평가결과에 미동의 시, 평가결과 재협의 가능 • 재협의 결과에 상관없이 책임PM은 본인 선호 선정(안) 추천 가능
4.2. SRO Review 및 동의	• Office-wide BAA의 경우, PM의 SRO 및 CO에 대한 평가결과 설명 시 모든 평가대상을 설명 또는 모두 생략 • SRO 검토 결과는 승인, 수정, 재공고, 재평가, 예산 철회 등 다양	4.2 사업 선정 과정	• 책임PM(SETA 지원), 한계도전전략센터는 최종 제안서 선정 수행 • 책임PM은 본인이 선호하는 과제 추천 가능
4.3. 계약 체결	• 부분 지원의 경우, 수정제안서 접수 필요 • 지원유형 결정, 지원조건 협상은 CO 권한	4.3 계약 체결	• 책임PM과 연구자는 협의를 통해 제안서의 내용 및 마일스톤 변경 등을 수행
5. 평가 후속 조치	• Informal Feedback Session - 탈락 제안서의 주 제안자 (연구책임자, prime proposer)만 참석 가능. 단, 참여연구자는 연구책임자 초청 시 참석 가능 - 해당 제안서의 강점과 약점으로 토론 제한 - 변호사 대동 시 DARPA도 GC 및 CO 참석 필요 • 평가과정 사후 점검 - 분기별 무작위 선택된 SR 패키지를 부국장이 점검	5. 평가결과 미수용시 재공고 또는 재선정	• 책임PM이 평가결과에 미동의 시, 평가결과 재협의 가능하며, • 평가프로세스를 원점에서 재검토하여 재실시 가능

단계	DARPA	단계	동 사업
평가과정 사후점검	• 분기별 프로그램 무작위 선택 검토(부국장)	6.1 평가 점검	• 한계도전전략센터의 센터장과 책임PM의 소통
진도 점검	• 매월 보고서 제출 • 매월 진도 점검(현장 또는 영상) • 연 2회 프로그램 차원 점검회의	6.2 진도점검	• 책임PM 필요시 상시 점검 가능
마일스톤	• 실제 진도 달성여부 측정/판단 가능한 메트릭스 작성에 상당한 노력 투자	6.3 마일스톤	• 책임PM의 관리를 통하여 연구수행 중간에 연구내용, 내용 등 마일스톤 변경 가능(Pivotiong)
6. 진도 점검 및 Go/ No-Go Review	• 진도 점검 : 매월 리포트 제출 및 점검회의, 연 2회 프로그램 단위 합동점검회의 • Go/No-Go Review -마일스톤 기반 점검(과제 착수 시 마일스톤 설정에 많은 노력 투자) -Heilmeier Catechism 고려	6.4 단계평가 및 최종평가	• 단계평가: 평가의 내실화·실효성 제고 및 연구자 평가부담 완화를 위하여 연구자 상호 컨설팅 형식의 동료 검토 및 비평 진행 -책임PM은 마일스톤 기반의 평가를 통하여 과제의 Go/No-GO 및 연구목표 조정 수행 • 최종평가: 연구 발표회를 통하여 연구 과정 및 성과 소개 -과제의 성공/실패가 아닌 마일스톤 달성 여부, 활용 가능성 등 향후 과학기술계의 영향력 등의 질적 요소 중심의 판단 수행
7. 기술 이전	• 제안서 및 평가지표에 기술이전 계획 및 역량 포함	7. T2I	• 제안서 및 평가지표에 기술의 파급력 및 확산 계획 포함 • 과제 이후 창출 성과의 Scale-up R&D 및 타 사업 연계 지원 추진

❍ 사업 프로세스 별 주요 내용 및 한국연구재단 국책사업과의 비교 분석 수행

<표 5-14> 한국연구재단 국책사업 프로세스와의 비교·분석

수행단계	기존 국책사업방식		한계도전 R&D 프로젝트
발굴 및 기획	해당분야 전문가들이 참여한 사전기획회의로 연구주제(특정과제) 논의	→	책임PM이 도전적 문제의 출제자로서 문제 정의 및 연구테마 발굴
	일부 전문가 및 관련 학회 위주의 공청회에서는 연구자 의견 전달 기회가 제한적		의견요청서 및 기술제안토론회를 통해 연구자와 소통하는 기획
선정평가	연구주제 발굴·기획자와 평가자 상이	→	책임PM이 평가에 참여하여 기획의도에 맞는 과제가 선정될 수 있도록 역할 수행
	연구과제 선정의 공정성 확보에 따른 평가 전문성 하락		평가위원 제척기준 완화를 통해 평가 전문성 강화
	평가항목 및 배점에 따른 획일적·정량적 평가		책임PM과 평가위원의 정성적 평가
연구수행	RFP에 명시된 목표와 절차·시간의 준수	→	연구수행의 유연성 보장 (책임PM 판단 하에 연구목표·내용을 조정(pivoting))
	과제 수행 중 교착상태 발생시 연구단 스스로 해결		과제 수행과정에서 책임PM이 상시 컨설팅 진행
성과평가	논문, 특허, 기술료 등 정형화된 성과지표 적용	→	과제별 성과지표 차등 적용
	각 단계 종료시 단계평가 및 최종평가		책임PM이 단계평가 및 최종평가 실시·방법 판단
	정량적 성과지표를 통한 연구 성공/실패에 대한 종료평가		연구수행과정 및 성과에 대한 공개발표회 형식으로 종료평가

1 책임PM 선정

❑ 동 사업과 기존 도전·혁신형 R&D 사업 및 국가연구개발사업과의 차별성은 '책임PM'의 역할

❍ 책임PM은 중요하게 해결되어야 할 핵심적인 문제나 도전과제를 정의하며, 이는 새로운 연구 방향을 제시하고 연구자들의 관심을 끌어모으는 역할

<표 5-15> 책임PM 주요 덕목

항목	세 부 내 용
전문성	• 연구성과에서 뛰어난 실적을 달성한 인물 중 관리/정부 업무 경험 보유
혁신성	• 혁신부분에서 성과를 인정받은 인물로 변혁적인 기술에 대한 비전 보유
열정	• 리스크에 대한 용인, 절박성, 혁신의 원칙을 불어넣고, 탁월한 리더십 보유
성격	• 다양한 분야에 걸쳐 파트너십을 구축할 수 있는 외교적 감각과 통찰력 보유

❍ 책임PM은 단순히 문제를 제시하는 것이 아니라, 실제로 그 문제를 해결하기 위한 연구 활동을 적극적으로 지원하고 촉진하는 역할을 하며, 이는 연구자들과의 협업, 자원 제공, 연구 방향 제시 등 다양한 방식으로 이루어짐

- (비전을 가진 리더십) 책임PM은 프로젝트의 최종 목표를 뚜렷이 이해하고, 연구팀에게 그 비전을 전달하고 가이드할 수 있는 리더십 역량이 필요
- (목표 지향성) 책임PM은 프로젝트의 목표를 지향하며, 그 목표를 달성하기 위한 전략과 계획을 세우고 추진할 수 있는 역량이 있어야 함
- (다학제적 접근) 책임PM은 자신의 전문 분야 외에도 다양한 분야의 지식을 갖추거나, 다른 분야의 전문가들과 협력할 수 있는 능력이 요구됨
- (높은 위험 수용성) 기존 방식에 얽매이지 않고, 실패를 두려워하지 않는 도전적인 마인드셋을 가져야 함
- (빠른 의사결정 능력) 혁신적인 프로젝트에서는 변화가 빠르게 일어나므로, 빠르고 효과적인(Agile) 의사결정 능력이 필수적임
- (커뮤니케이션 능력) 책임PM은 내부 팀원들, 상급자, 외부 파트너와 효과적으로 의사소통을 할 수 있어야 함
- (유연성) 특히 혁신적인 프로젝트에서는 예측하지 못한 문제나 기회가 발생할 수 있으므로, 유연하게 대응할 수 있는 능력이 중요함

<표 5-16> 책임PM 선정 시 고려 사항(안)

구분	주요 내용
역할	• 연구분야에 따른 프로그램 상세 기획 및 수행 기관 선정 • 연구 프로그램의 전주지적 관리 및 예산의 자율적 분배 • 과제 관리 · 평가를 통한 마일스톤 변경 및 중단 선언으로 사업 추진 • 연구 성과 활용을 위한 기술사업지원팀과의 연계
자질	• 도전혁신적 연구개발 사업의 이해 및 역량 보유 • 연구개발 및 기술사업화 등의 경험 또는 실적 • 연구분야에 대한 이해도 및 관심, 잠재능력(고도의 기술 통찰력) 보유 • 국내외 연구개발 동향 파악 및 정보 수집 능력, 폭넓은 시야와 시각 • 국내외 학계 · 산업계 네트워크 보유, 협업 및 네트워킹 능력 • 연구자 및 관계자 등과의 원활한 커뮤니케이션 능력 및 리더십 존재
형태	• 상근 근무를 원칙으로 필요시 연장을 통해 상황에 맞는 고용 가능 -(임기) 책임PM의 전문성, 아이디어의 혁신성 등을 고려한 단기 채용 : 3년간의 계약, 필요시 1~3년 연임 가능 -(연봉) 연 2억 원 이상의 연봉 및 세금 혜택 등의 기타 보상 체계 지원

❍ 혁신적인 책임PM을 선정하기 위해 요구사항을 명확히 정의하고, 광범위한 홍보를 통한 모집, 서류와 심층 인터뷰를 통한 평가, 실무 평가 및 레퍼런스 검증 등의 과정을 거치며, 최종 선정된 책임PM에게는 온보딩(On-boarding) 및 교육, 네트워킹 기회를 제공

<표 5-17> 책임PM 선정 추진 절차(안)

한계도전 아카데미 운영	책임PM 선정 공고	공모 추천	서류심사	면담심사	최종선임
한계도전전략센터 + 외부전문가	한계도전전략센터/과기부	1달간 공모, 적임자 물색	접수된 기획서 심사	발표/질의응답을 통한 최종 후보자 도출	한계도전 전략센터

- (요구사항 정의) 책임PM 포지션에 대한 자세한 업무 내용, 필요 역량, 기대치 등을 명확하게 정의하여 제시해야 하며, 요구사항으로는 기술적 역량뿐만 아니라 리더십, 커뮤니케이션 능력, 혁신적 사고 등의 인성 역량을 고려

- (공개 모집 및 홍보) 다양한 인재를 유치하기 위해 주요 학회 및 학술단체, 산업계, 정부 및 공공기관, 연구자 커뮤니티, 글로벌 전문가 네트워크, 기존 PM/PD 유경험자 POOL 등을 통해 광범위하게 홍보하고 추천받아 적임자 물색

  ➟ 책임PM의 역할 및 필요성, 한계도전 R&D의 이해를 바탕으로 적입자 선발을 위하여 공고를 통한 적임자 공모 및 추천제 동시 운영

- (서류 검토) 지원자의 이력서, 포트폴리오, 추천서 등을 검토하여 전문성과 경험을 평가하며, 서류상에서 해당 책임PM 포지션에 적합한 후보를 선별

  ➟ 책임PM 후보자가 ①정의한 문제 및 한계점, ②해결하기 위한 방법론, ③파급효과, ④사업 운영 계획 등을 중점으로 고려하여 책임PM의 기획서 심사

  ➟ (심사단) 한계도전전략센터의 내외부 이해관계자로 심사단을 구성하여 면담심사 대상자를 추천 및 선정

- (면담심사) 서류 전형을 통과한 후보자들과의 면담(인터뷰)를 진행하여 전문성, 리더십, 문제해결 능력, 혁신적 사고 등의 역량을 중점적으로 평가

  ➟ 기획사를 기준으로 책임PM 후보자들의 문제 정의 및 과제 기획 역량을 확인하고, 한계도전 R&D의 이해도를 중점으고 고려하여 전문성을 종합적으로 판단

- (레퍼런스 검증 및 최종 제안) 최종적으로 레퍼런스를 검증하고 모든 평가 과정을 통과한 후보자에게 최종 제안을 하여 합의를 통해 책임PM으로 선정

- (온보딩 및 교육) 필요시 선정된 책임PM에게 초기 교육 및 멘토링을 제공하여 그들의 역량을 강화하고, 조직 내에서의 빠른 적응을 지원

  ➟ 교육 및 멘터링은 한계도전 아카데미를 활용하거나 전임 책임PM, 운영지원조직 등을 통해서 수행

❍ (권한) 과제의 기획·선정·관리·평가를 수행하는 주체로 과기부(연구재단) 등과의 직접적인 의사소통으로 사업의 문제해결 및 진행 관련 사항 공유를 통한 빠른 의사결정 권한을 지님

- 책임PM은 과제별 자원 및 예산 분배, 주요 기술 결정, (필요시) 계약 조정, 연구 방향의 변경이나 중요한 전략적 결정을 내릴 수 있는 권한을 가짐

❍ (지원사항) 과제의 효과적인 진행을 위해 필요한 교육, 네트워킹 기회, 전문가 지원팀 제공, 기술 및 자료 접근, 예상치 못한 재무적 요구에 대응할 수 있는 지원이 필수적임

- (교육 및 훈련) ‘(가칭) 책임PM School’을 통해 책임PM이 효과적으로 역할 수행을 할 수 있도록 필요한 교육과 훈련 및 책임PM 상호 간 공감대 형성을 지원

- (내외부 전문지원조직) 책임PM이 성공적으로 프로젝트를 주도할 수 있도록 필요한 전문가 자문 및 센터 내외부에 전문 지원조직을 구성하여 정보 제공

  ➟ (기술 및 자료 접근) 책임PM이 필요로 하는 심층 기술이나 빅데이터 자료에 쉽게 접근할 수 있도록 해외 출장, 데이터 분석 등 지원

  ➟ (재무 지원) 재무적인 요구사항이나 리스크에 대응할 수 있도록 지원해야 함

  ➟ (네트워킹) 국내외 혁신기관의 PM들과의 네트워킹 기회를 제공하여 효과적인 연구 및 개발 전략, 프로젝트 관리 방법 등에 대한 경험과 지식을 공유하도록 지원

❍ (책무성 강화) 책임PM의 모든 주요 결정사항은 본인이 투명하게 기록하도록 하고, DARPA의 Office PM Director 역할을 하는 한계도전전략센터의 센터장이 분기별로 PM의 성과(Performance)에 대한 평가와 상담을 하고 서면 기록하도록 권장하며, 이는 필요한 경우 이해관계자들에게 공개하도록 함

- (실명제) 동 사업은 책임PM의 전주기적 관리를 통해 수행됨에 따라, 과제 기획-공고 과정 수행에 있어 투명성과 책무성 제고가 필요, 이에 담당 ‘책임PM 실명제’ 운영을 통하여 연구자들이 과제 기획 과정에서 동 사업을

직·간접적으로 모니터링 할 수 있도록 사업 담당자를 공개

➟ 동 사업의 투명성과 신뢰성을 제고하기 위한 사항으로 기획 과정에서의 담당 책임PM의 실명과 의견을 기록·관리하도록 권장하나 의견사항은 필요시에만 이해관계자들에게만 공개

- (투명제) 한계도전 R&D 프로젝트는 공고 및 프로그램 주요 내용, 의사결정 내용을 홈페이지를 통해 공개하여 연구참여자들의 자발적인 규제를 제고

➟ DARPA 모델과 유사하게 연구 과정 전반을 대중에게 공개하지는 않으나 주요 과정 등을 간략하게 공지함으로 대략적인 사업 수행 과정을 공개하여 연구참여자의 자발적·자율적 규제 도모

- (문서화) 책임PM은 주요 의사결정 사항을 기록하고, 연구참여자들과의 의사소통 사항과 과제 추진 현황 등을 활동일지나 서류를 통해 작성·평가하여 책임PM의 책무성을 강화

➟ 동 사업은 기존 연구개발사업의 문제로 지적된 행정적 부담을 없애기 위하여 책임PM과 연구자들을 행정적 지원을 수행하는 내외부 지원조직을 운영

➟ 관련 활동일지 등은 필요한 경우에만 이해관계자들에게 공개 예정

- 또한, 한계도전전략센터는 센터 내 운영지원조직을 통하여 사업의 계약 관련 투명성, 평가단 이해관계자 검증 등의 업무를 수행함하여야 하며, 이를 통해 투명한 관리체계를 구축하여야 함

<표 5-18> 책임PM이 준수해야할 주요 윤리 규정

구분	주요 내용
공익 실현	• 책임PM은 변혁적 과학기술을 창출 할 수 있도록 하는 우수한 연구과제가 선정·지원될 수 있도록 책임과 의무를 다해야 함
상호 존중	• 책임PM과 연구자들은 개개인의 시각, 의견, 독립성, 능력, 지식재산권 및 다양성 등을 인정하고 존중해야 함
전문성	• 책임PM은 해당 학문분야의 폭넓은 이해, 풍부한 전문지식 및 높은 수준의 학제적 감각과 전문적 행정능력(연구사업 기획, 과제평가, 성과관리 등)을 가져야 함
공정성	• 책임PM은 연구사업을 객관적이고 공정하게 운영·관리해야 함

❍ (360도 평가) 프로젝트 팀원, 이해관계자, 외부 전문가 등 다양한 관점에서 PM의 성과와 리더십 능력을 반기별로 평가하고 필요시 공유

- 특히, 책임PM이 연구자와의 파트너십을 얼마나 잘 관리하고, 협력을 촉진하는지 등을 중점적으로 평가하고, 혁신적인 아이디어를 발굴 및 촉진하기 위한 노력과 성과, 동시에 위험을 관리하는 능력을 평가

❑ 한계도전 아카데미 운영

❍ 한계도전 아카데미는 실패허용, 다학제적 접근, 글로벌 시각, 도전·혁신적 사고, 네트워킹 등을 교육하고 한계도전 R&D의 가치지향을 내재화하는 프로그램이며, 한계도전전략센터의 센터장이 주관하여 수행

- 실패를 허용하고 도전을 강조하는 문화를 구축함으로써, 연구와 개발의 환경과 방향성을 변화시키는데 기여하며 참가자들에게 서로 다른 배경을 바탕으로 아이디어를 교환하는 환경을 제공함으로써 다학제적 접근방식과 연구 혁신을 촉진

❍ 책임PM 발굴 및 교육을 위해 체계적인 사업 기획과 모니터링을 중점으로 하는 “한계도전 PM 스쿨”과 차세대 패러다임 창출을 위한 핵심 인재 발굴과 양성을 목표로 하는 “한계도전 인재 스쿨”로 구성

- (책임PM 발굴 및 역량 강화) PM 스쿨을 통해 책임PM 발굴과 교육 훈련 커리큘럼을 운영하여 해당 교육 프로그램 이수자 중심으로 전문적이고 체계적인 신규 사업 기획에 착수하고 PM을 중심으로 기존 사업 모니터링 체계를 구축

- 한계도전전략센터의 센터장 주관하에 먼저 선발된 책임PM들이 전문가와 함께 다음 후보들을 멘토링하여 그들의 잠재력과 능력을 직접 평가하고, 이를 통해 얻은 피드백과 추천을 바탕으로 새로운 책임PM을 추천

  ➟ 책임PM들은 아카데미를 통해 정기적인 내부 세미나, 워크숍, 컨퍼런스를 주최하거나 참여하여 새로운 지식과 전략을 습득하는 기회로 삼고, 책임PM으로서의 자율성과 권한을 가지고 자신의 역량을 지속적으로 확장하고 성장할 수 있는 환경에서 활동

<표 5-19> DARPA의 PM 교육 및 네트워킹

• DARPA는 전문가 그룹을 두텁게 하고 보다 우수한 자문역량을 갖춘 인사를 사전에 발굴하기 위해, DSSG(Defense science study group)라는 2년 기간의 교육 연구 프로그램을 운영하고 있음, 이는 DARPA의 지원으로 1986년부터 시작된 젊은 과학기술자를 대상으로 한 국방에 관한 교육연구 프로그램으로 미 국방연구원(IDA)에서 주관하며, 2년에 걸쳐 총 8세션의 과정을 진행하면서 국방부, 각 군 현장을 견학하고 미국의 안보 이슈를 함께 토의하고 연구함

<표 5-20> 한계도전 PM 스쿨 운영(안)

구분	주요 내용
방향	• 책임PM의 핵심 역할을 네트워크 구축으로 설정하여 효과적인 의사 소통자 및 조정자 역할이 되도록 전문가를 발굴하여 비전을 공유하고 교육
커리큘럼	• 한계도전 R&D 특성 이해(실패 관리, 리스크와 기회에 대한 균형), 프로젝트 운영 철학, 이해관계자 관리 및 네트워킹 방법 등 • 도전적 R&D 경영 Best Practice 습득, 빅데이터와 AI 분석 숙달, 인간관계 학습
운영방안	• 성공적 혹은 실패한 도전적 R&D 프로젝트의 사례를 분석, 해당 사례를 통해 어떤 결정이나 행동이 결과에 영향을 미쳤는지 학습(케이스 스터디) • 다양한 연구분야의 PM들이 서로 경험과 지식을 공유하며 협력의 기회를 모색할 수 있는 행사나 워크샵 개최(네트워킹 이벤트) • 글로벌 컨퍼런스 참가 지원 등을 통해 국내외 PM/PD 활동 벤치마킹과 협업 촉진 • 책임PM의 역량 개선을 위해 교육과정 후 피드백 및 평가 시스템 운영 • 최신의 프로젝트 관리 및 학술정보 빅데이터 분석도구, 소프트웨어, 리소스 등을 소개하고 교육하여 책임PM들이 현장에서 효과적으로 활용할 수 있게 함

- (인재양성) 차세대 패러다임과 新영역을 창출하는 새로운 아이디어 및 주요 개념의 집중 교육과정을 통해 핵심 인재 양성, 실패허용·도전지향 문화 확산

➟ △다학제적 접근을 강조하며 다양한 배경을 가진 참가자들이 상호작용하며 아이디어를 교환할 수 있는 환경을 제공하고, △실패허용 문화 구축, △세계 각지의 최고 연구자와의 네트워킹 기회를 제공하여 국내외의 최신 연구 동향과 정보를 교류할 수 있도록 지원

➟ 아카데미에서 제공하는 교육 과정을 수료한 후, 우수한 성과를 보인 참가자들을 향후 새로운 책임PM 후보로 추천하는 등 선순환 시스템 구축

➟ 아카데미 교육 이수자를 중심으로 초기 단계의 혁신적인 연구 아이디어를 지원하는 프로그램(Seedling) 추진하고, 탁월한 아이디어는 실제 한계도전 R&D 과제로 연계·확장하여 지원

➟ 초기 연구 아이디어를 지원하는 Seedling 프로그램을 통해, 교육 과정에서 얻은 아이디어를 실제 R&D 프로젝트로 연결하여 직접적인 성과를 창출

<표 5-21> 한계도전 인재 스쿨 운영(안)

구분	주요 내용
방향	• 차세대 패러다임 창출에 초점을 둔 핵심인재 양성 및 실패허용·도전지향 문화 확산
커리큘럼	• 새로운 아이디어 발굴에 대한 교육, 다양한 분야와의 네트워킹, 실패의 교훈 학습
운영방안	• 새로운 기술, 아이디어, 접근 방식 등의 주요 개념에 대한 세미나와 개최 • 실패사례 분석 및 리스크관리, 도전과 혁신을 위한 사고방식 교육 • 각 분야의 전문가와의 원-온-원 멘토링 제공 • 투자자, 기업체, 관련 기관과의 네트워킹 이벤트나 피칭 세션 등을 통해 실제 사업화를 위한 플랫폼 제공 • 초기 혁신적 아이디어 제안 콘테스트 또는 소규모 Seedling 프로그램 지원 • 국내외의 연구기관과 교류 프로그램이나 공동 연구 프로젝트 추진 등

<표 5-22> DARPA의 소규모 탐색적 Seedling 프로그램(사례)

- (목표) DARPA의 프로그램은 초기 단계의 혁신적인 연구 아이디어에 투자하여 장기적인 국방 미션을 지원하는 새로운 기술 또는 개념을 개발하는 것을 목표로 함
- (단기 프로젝트) Seedling 프로그램은 일반적으로 짧은 기간 (1년 내외) 동안 진행되는 프로젝트를 지원하는데, 이는 연구자들이 자신의 아이디어를 빠르게 실험하고 검증할 수 있도록 하기 위함임
- (소규모 지원) 프로젝트는 초기 단계의 아이디어 검증을 위한 것이므로, 제한된 자금 (보통 몇십만 미국 달러 이내)을 제공함
- (다양한 연구 주제) Seedling 프로그램은 특정 연구 주제나 분야에 국한되지 않고, 광범위한 기술 및 개념 개발에 대한 제안을 받아들임
- (빠른 결정 및 실행) 프로그램은 신속한 제안 평가와 결정 프로세스를 통해 선택된 연구 프로젝트를 빠르게 실행

❑ **책임PM은 기획-평가-관리 전반에 밀착관리를 수행하며 사업의 중심으로서 사업 추진에 중요한 역할을 수행함에 따라, 연속성을 유지하는 것이 중요한 과제**

❍ 책임PM 중심의 사업 구조(기획-관리-평가, 전주기) 마련을 통하여 타 사업들과는 다른 밀착 관리를 수행

<표 5-23> 한국연구재단 원천기술PM과 한계도전 R&D의 관리 비교

구분	관리 과제 수	관리 예산
연구재단 PM (원천기술 담당)	143개 내외	평균 1,470억 원
한계도전 R&D PM	평균 12개(연도별 8~16개)	120억 원 내외

❍ 동 사업에서는 총 3년의 책임PM 임기 중 마지막 6개월은 연구분야별 복수 책임PM을 운영하여 과제 운영, 관리의 연속성을 유지할 계획

- 신규 책임PM이 추진할 과제를 조사·기획할 시간을 충분히 제공하여 연구주제의 기획력·완성도 제고 예정

[참고] 책임PM 후보군 분석

❑ **연구분야별 복수 책임PM 제도를 사업 기간 10년 동안 지속하면 총 20명의 책임PM이 필요**

❍ 책임PM 후보 Pool을 파악하기 위하여 연구재단의 국책분야 RB에 대한 설문조사를 통해 후보군을 도출

- 총 480명의 RB(전문위원) 조사 → 95명 설문 응답, 절반 이상(63명) 참여 의향(66.3%) 확인

응답자 현황						
구분	예					아니요
	63 명 (66.3%)					32 명
소속	대학		연구소		기업	-
	40		19		4	
연구분야	소재	기후에너지	바이오	첨단융합	기타	-
	17	14	10	9	13	-

❍ 동 사업의 연속성 유지를 위한 복수 책임PM 제도는 무리없이 진행 될 수 있을 것으로 판단

2 연구주제 및 과제 기획과 선정

❑ 연구주제 선정을 위한 국가·사회적 문제 인식 및 발굴 과정(안)

<표 5-24> 책임PM 주도의 연구기획 프로세스

주제발굴	한계도전형 수요확보			연구주제 발굴 및 설정				
	연구주제 발굴			연구주제 후보군 발굴	▶	책임PM & 센터장의 후보군 선정	▶	최종 연구과제 후보군 선정
	연구주제발굴자문단	외부수요	▶					
	한계도전전략센터	온라인 수요조사						
	책임PM	SETA(대내외 현황)						
과제기획	주제별 과제설정			한계도전형 목표 설정			과제 선정 및 협약	
	최종 연구주제 후보군에 대한 기획 추진		▶	의견요청서 접수 (PIR)	▶	기술제안토론회	과제계획요청서 공고 (PPR)	▶ 선정평가 및 연구수행
				기획 방향 공유 및 의견수렴		과제 기획 구체화 및 관련 토론 수행	책임PM 주도의 프로그램 기획	▶ 책임PM 주도의 선정

❑ 책임PM은 'ABCD 문제발굴 네비게이터' 시스템을 활용하여 연구주제 발굴

<표 5-25> 연구주제 발굴을 위한 문제접근 방식

접근 방식	주요 활동	세부 내용
❶ 의제주도 접근 (Agenda-driven) 전략적 의제 설정	R&D 정책 분석	• 국가 정책방향 검토(국정과제, 과학기술기본계획 등) • 국가전략기술 및 전략 로드맵 분석 • 정부 정책 현안 및 아젠다 모니터링
	글로벌 트렌드 분석	• 글로벌 산업·시장·기술 트렌드 조사 • 주요국 과학기술 혁신정책 벤치마킹 • 지속가능발전 관련 국제사회 공동과제 도출
❷ 현장주도 접근 (Bottom-up) 현장 수요 발굴	연구계 니즈	• 연구현장 분석을 통한 난제 해결방안 및 도전적 연구주제 파악 • 국가미래 중점분야(정책) 중심의 우선해결 기술분야 발굴
	사회적 니즈	• 온라인 플랫폼을 활용한 국민제안 수집·분석 • 사회문제 해결형 연구수요 발굴
❸ 협력주도 접근 (Collaborative) 이해관계자 협의	책임PM 활동	• 책임PM 고유 전문지식 및 연구경험 기반 이슈 발굴 • 책임PM 인적 자본을 활용한 연구동향 파악
	산학연 협력	• 산·학·연 협력 네트워크 구축 및 전문가 Pool 확보 • 산·학·연 협력 네트워크 운영(간담회, 워크샵, 기술교류회 등)
❹ 데이터기반 접근 (Data-based) 증거기반 분석	기술역량 진단	• 국내외 기술동향 조사 및 분석 • 기술격차 분석 및 개선영역 도출 • 미래기술 예측 및 탐색
	성과 분석	• 특허·논문 등 성과분석을 통한 기술적 한계점 도출 • 성공-실패사례 분석을 통한 핵심 문제요인 규명 • 연구성과 활용 현황 기반 기술완성도 제약요인 파악

❍ 'ABCD 문제발굴 파인더' 기반의 연구주제 발굴 이후 연구주제 설정을 위하여 'FIRST 프레임워크'를 활용

<표 5-26> 연구주제 설정을 위한 프레임워크

구분	주요 내용
Frontier	• 글로벌 시장의 게임체인저로 새로운 성장 기회를 창출할 수 있는가?
Intitiative	• 국가·사회적 차원의 전략적 대응과 선제적 투자가 필요한가?
Realization	• 국민 삶의 질적 향상을 위한 실용적 솔루션 창출이 가능한가?
Surprise	• 기존의 패러다임에 혁신적 전환을 가져올 수 있는가?
Trigger	• 미래 사회 변화와 국가 경쟁력 강화의 결정적 계기가 될 수 있는가?

❑ 연구주제 선정을 위해 국가·사회적으로 해결이 필요한 난제 발굴 및 정의

<표 5-27> 연구주제 발굴 프로세스

구분	주요 내용	주체	기간
문제도출	• 외부 수요와 상시 문제해결 이슈, 글로벌 문제해결 이슈 등을 연구주제발굴자문단, 한계도전전략센터, 책임PM과 SETA이 발굴하여 문제 도출 수행	자문단, 센터, 책임PM	2개월
⇩			
문제정의	• 책임PM의 주도하에 향후 경제·사회적 문제가 될 수 있는 이슈를 바탕으로 문제를 정의	책임PM	1개월
⇩			
연구주제 후보군 도출	• 책임PM은 문제해결시 파급력이 높을 것으로 예상되는 연구주제 후보군들을 도출 - 책임PM이 직접 또는 기술수요조사, 인적 네트워크 활용, 관련 분야 전문가와의 인터뷰 등을 통해 연구주제 발굴	책임PM	2개월
⇩			
최종 연구주제 후보군 선정	• 책임PM과 한계도전전략센터장의 협의를 통한 최종 연구주제 후보군 선정	책임PM 센터장	1개월

① **(문제도출 및 정의)** 책임PM(+SETA), 한계도전전략센터, 연구주제발굴자문단은 대내외 현황 분석을 통한 글로벌 문제 해결 이슈 수집, 온라인 수요조사를 통한 상시 문제해결 이슈 수집 등을 통해서 해결이 필요한 문제 도출을 수행

② **(연구주제 후보군 도출 및 최종 후보군 선정)** 책임PM은 연구주제발굴자문단과 한계도전전략센터, 책임PM(+SETA)를 통해 발굴된 이슈를 종합적으로 분석하여 문제를 정의하고, 도전적인 문제에 대한 연구주제 선정을 수행

❑ 책임PM은 선정된 연구주제 해결 및 목표 달성을 위하여 산·학·연의 의견 수렴을 수행하고 다양한 활동을 통하여 연구과제 기획을 추진

<표 5-28> 연구과제 기획 프로세스

구분	주요 내용	주체	기간
의견요청서 (PIR) 접수	• 연구자에게 기획 추진 방향 공유 및 연구자 의견수렴 - 온라인(홈페이지 등)으로 산·학·연 의견 수집	책임PM, 연구자	2개월
⇩			
기술제안 토론회	• 전문가 토론 및 현장 의견수렴을 통해 과제 기획 수정·보완·구체화 - 프로그램을 연구자들에게 설명하고, 예비 제안자(PIR 응답자)들의 발표 및 기술적 접근방법 토론 등을 통해 참가자들 간 파트너십 형성 기회 마련 (책임PM 선별 초청자 외 비공개)	책임PM, 연구자	1개월
⇩			
과제계획요청서 (PPR) 확정	• 기술제안토론회 이후, 책임PM이 작성한 과제계획요청서(PPR)에 대해 한계도전전략센터장과 협의하여 최종 확정	책임PM, 센터장	1개월

구분	주요 내용	주체	기간
신규과제 공고	• NTIS, 과기정통부, 재단 홈페이지 및 IRIS에 30일 이상 공고 - 응모 및 선정 과제가 없거나, 단독응모 과제인 경우 원칙적으로 10일 이상 재공고 * 선정과제가 없는 경우, 과기정통부-전문기관 간 협의하여 재공고 가능 * 과제는 단독연구를 우선으로 하며, 주제 도출 과정에서 명확한 방법론이 정해질 수 있다면, 의견요청서(PIR)과 기술제안토론회는 제외할 수 있음	과기정통부	1개월

① **(의견요청서 접수)** 책임PM은 연구주제의 기획 추진 방향을 연구자들에게 공유하고, 새로운 기술정보와 관련 분야 전문가들의 의견을 청취하기 위하여 의견요청서(PIR) 접수를 수행

- 제시된 연구주제를 대상으로 책임PM은 관련 분야 산·학·연 전문가들의 의견을 청취하여 과제 기획 구체화 추진

- ①연구주제 개요 및 배경, ②해결하고자 하는 기술적 과제, ③기대되는 혁신성과 도전성, ④제안받고자 하는 아이디어의 범위, ⑤응답서 제출 요건 및 방식을 중심으로 구성

② **(기술제안토론회)** 연구주제별 기획 내용 구체화를 위하여 책임PM의 주도하에 주요 의견요청자 응답자와 관련 분야 전문가들과 연구 목표와 문제해결 기대치를 연구현장에 전달하는 등의 토론을 수행

- 관련 분야 전문가들과 책임PM은 자유토론, 브레인스토밍, 선별 발표* 등을 통하여 의견요청서 관련 분야 토론과 향후 과제 계획 수립을 위한 의견 수집 수행

➟ 잘 정의된 개념적 연구주제가 과학기술과 혁신을 활용하여 제거 또는 해소될 경우, 광범위한 구현을 통해서 전지구적 영향을 끼칠 수 있는 중요 문제해결에 맞서는 하나 또는 그 이상의 결정적 장벽(Barrier)인지에 대해 심층 토론을 진행함

* 선별발표는 의견요청서 제출자 중 책임PM이 선별하여 초청 및 발표 요청을 진행

- 기술제안토론회는 비공개로 진행되며, 의견요청서 제출자와 관련 분야 전문가들을 대상으로 실시

③ **(과제계획요청서 확정 및 공고)** 기술제안토론회 이후 연구의 목표/연구 내용 및 범위/성과 목표 등을 명시한 과제계획요청서 구체화 수행

- 과제계획요청서를 확정하여 공지할 때, 너무 구체적이거나 제한적인 방향성을 제시하는 것은 연구자의 창의력과 혁신적인 접근을 제한할 가능성이 있음

- 일부 연구주제는 도출 과정에서 방법론이 정해질 수 있다면, 의견요청서 접수와 기술제안토론회를 실시하지 않고 책임PM의 재량에 따라 과제 공고가 가능

➟ (문제 지향적 제시) 과제계획요청서를 제시할 때, 구체적인 해결책이 아닌 문제 자체나 국가·사회적 난제를 중심으로 제시하고 연구자에게는 이 문제를 해결하는 방법에 대한 자유로운 접근을 허용하며, 다양한 방식으로 접근할 수 있도록 해야 함

➟ (넓은 범주의 문제 선정) 연구주제를 넓은 범주로 제시하여, 연구자가 특정 주제 내에서 다양한 부분 문제나 이슈에 대해 자유롭게 탐구하도록 유도

➟ (비전 및 목표 제시) 연구의 최종 목표나 비전만을 제시하고, 이를 달성하기 위한 방법이나 경로는 연구자에게 맡기는 방식으로 '문제 출제'에 집중

➟ (다양한 제안 허용) 연구과제 수행에 대한 다양한 제안을 받아들여, 특정 방향성만을 고집하지 않고 다양한 관점과 접근법을 수용할 수 있도록 해야 함

➟ (사례 기반 제시) 글로벌 선진 연구 그룹의 연구 방향을 사례로 제시하거나 실패 사례를 공유하여 연구자가 이를 참고하거나 피할 수 있게 함

➟ (다학제적 접근 권장) 다양한 학문 분야에서의 접근을 권장하여, 교차적인 연구 방향을 탐색하게 함

➟ (연구 방향성 및 도전적 목표 설정시 고려사항 제공) 과제수행에 대한 초기 아이디어나 접근법을 제시할 때, 연구자에게 피드백이나 고려해야 할 사항을 제시하되, 이를 지향 사항으로만 제공하고, 강제하지 않도록 해야 함

- 확정된 과제계획요청서로 신규 과제를 공고 시, 과제신청자와 책임PM은 직접적인 질의·소통을 할 수 없으며, 모든 소통은 한계도전전략센터를 통하여 진행되어야 함

➟ (소통방식) 책임PM은 과제계획요청서 내 정보 이외의 내용을 과제신청자(제안자)에게 제공할 경우 형평성, 공정성의 문제를 고려하여 같은 정보를 모든 과제신청자에게 제공하여야 함

[참고] 책임PM 주도의 연구주제 발굴 고도화

❑ **연구주제 발굴의 질적 고도화를 위한 다양한 이해관계자 참여(집단지성) 기반의 한계도전 R&D 주제 발굴 온·오프라인 플랫폼 상시 운영**

❍ (❶ 온라인 플랫폼) 포럼, 설문조사, 웹세미나 등 다양한 도구를 활용하여 이해관계자들의 의견을 수집, 연구 분야의 검증과 업데이트

- (상시 연구주제 발굴 시스템) 연구분야 및 주제에 대한 상시적인 아이디어 제안을 받아들여, 특정 방향성만을 고집하지 않고 다양한 관점과 접근법을 수용할 수 있도록 해야 함

❍ (❷ 연구주제발굴자문단) 연구분야 발굴 및 선정을 위한 오프라인 플랫폼 역할을 하는 기구로, 전문가 집단지성을 활용하여 한계도전 R&D의 과학적 방향과 도전적 목표설정에 대한 자문 제공

- 한계도전 R&D 연구 분야 및 문제 발굴 프로세스의 질적 고도화를 위해 두 가지 트랙의 접근방식을 적용하고자 함

- 국내외 변화하는 사회상에 대한 환경분석 및 국내외 기술동향 조사·분석을 통하여 변화하는 미래사회상에 따른 필요 기술 분야 도출

<표 5-29> 연구주제발굴자문단 구성 및 운영시 고려사항

구분	주요 내용
다양성	• 다양한 분야의 전문가들로 구성하여 토론 시 다양한 관점과 전문성을 반영할 수 있도록 함
독립성	• 외부의 압력이나 편향된 의견으로부터 독립적이어야 하며, 책임PM의 최종판단을 위한 다양한 자문역임
투명성	• 자문단의 활동과 결정 과정은 투명해야 하며, 이를 통해 공정성을 보장하고 대외적 신뢰를 얻을 수 있음
책임성	• 자문단은 그들의 결정에 대한 책임을 가져야 하며, 이에 대한 설명 의무가 있음
효율성	• 자문단의 의사 결정 지원하는 과정은 빠르면서도 체계적이어야 하며, 이를 위해 책임PM의 의사결정 기준을 명확히 설정하는 것이 중요함
업데이트	• 연구 및 기술 분야의 빠른 변화를 반영하기 위해, 주기적으로 자문단의 구성원을 업데이트하거나, 특정 주제에 대한 전문가를 추가적으로 초청할 필요가 있음
윤리적 고려	• 책임PM과 자문단은 연구 윤리 및 사회적 가치를 고려하여 결정을 내려야 함
국제협력	• 국제적 현안이나 연구 동향을 반영하기 위해, 해당 경험이 풍부한 전문가를 자문위원으로 포함
지속적 교육	• 자문단 구성원들은 최신의 연구 동향, 기술 변화 등을 지속적으로 학습하며 업데이트 해야 함

<표 5-30> 연구주제발굴자문단 구성(안) 및 역할

구분	주요 내용
구성	• (인원) 총 5~8명 내외의 분야별 최고 전문가로 구성 : 해당 분야에 높은 이해도를 지니고 있는 산·학·연 전문가 • (기술분야별) 산업·기술적 수요가 예상되고, 국가적 현안 및 글로벌 문제(난제)에 부합하는 연구분야 분야 판단 • (정책) 연구분야가 기존 R&D 전략과의 연계성 및 부합성이 있는지 판단 • (성과창출) 연구분야의 변혁적 성과창출을 위한 적정성 판단
자격	• 국내외 분야별 최고 전문가 섭외 필요 • 박사 학위 취득 후 해당 분야에서 15년 이상의 경력을 지난 전문가 • 해당 분야 교수급의 이해도 및 전문적 지식을 지닌 전문가
역할	• (연구주제 발굴 지원) ①미래사회트렌드분석 → ②미래모습예측 → ③필요기술도출 등을 통하여 문제를 발굴하고 연구주제 도출을 위한 책임PM 지원

❑ 과제 선정에 있어 책임PM은 연구 현장에서 제시된 방법론을 면밀히 파악·평가하여 연구과제 선정 수행

<표 5-31> 연구과제 선정평가를 위한 프로세스

구분	주요 내용	주체	기간
1차 평가 (서면)	• 연구개발계획서요약서를 기준으로 과학기술적 도전성, 연구계획의 적절성, 한계도전 R&D 사업 적합성 평가 - 평가위원은 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 평가위원을 구성	책임PM	3주
2차 평가 (토론)	• 과학기술적 도전성, 연구계획의 적절성, 한계도전 R&D 사업 적합성, 연구자의 우수성 평가을 토론을 통하여 평가 - 평가위원은 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 평가위원을 구성	책임PM	3주
최종선정	• 책임PM과 센터장은 협의를 통하여 과제 평가 결과 검토 및 최종과제 선정 수행	책임PM, 센터장	2주
선정평가 결과설명회	• 평가결과에 대한 설명회를 수행하여 선정 과정에 대한 대외 공정성 및 투명성 확보 -(평가위원 간담회) 평가위원을 초청하여 과제의 개별적인 절대평가 방식 등을 통해 이미 진행된 평가에 대한 의견 청취 -(평가결과설명회 및 개별 면담) 연구자를 대상으로 연구주제별 기획 의도·과정, 평가 취지, 평가 의견 등을 설명하고 과제 제안사의 신청 시, 과제별 보완점 컨설팅 등의 개별적 면담 수행	책임PM, 연구원	3주
협의	• 선정 연구자들은 책임PM과의 협의를 통하여 연구 계획 및 방법을 조율하는 상세계획을 수행하고 목표 달성을 위한 마일스톤 계획을 수립하여 최종 과제 협의를 수행	책임PM, 연구원	1주

① (1차, 2차평가) 책임PM의 재량으로 평가위원을 선정*하며 과제 평가 수행

* 과제 평가위원에 책임PM 또한 선정될 수 있으며, 평가위원들은 사업의 이해와 평가 기준에 대해 해당 분야 책임PM에게 자세한 설명(교육)을 받고 평가에 임해야 함

- (1차 평가) 연구계발계획요약서를 기준으로 책임PM과 평가위원은 과학기술적 도전성, 연구계획의 적절성, 동 사업과의 적합성 등을 서면으로 평가

<표 5-32> 한계도전 R&D 과제 선정을 위한 1차 평가 기준

구분	주요 내용
과학기술적 도전성	• 목표 달성을 위한 접근 방식(방법론)의 도전·혁신성 • 문제 인식 정도와 제안 기술의 독창성 등
연구계획의 적절성	• 제안 목표 및 방법론의 명확성 • 최종 목표 달성을 위한 마일스톤 계획의 적절성 • 리스크 관리 계획, 연구 수행 일정과 예산 설정 등의 적절성 등
한계도전 R&D 사업의 적합성	• 연구개발 성공시 파급력 및 확산 방안 • 글로벌 과학기술 강국 도약 및 시장 선도 가능성 등

- (2차 평가) 책임PM과 평가위원들은 서면평가에서 선정된 과제를 대상으로 진행되는 발표 평가에서 연구자의 우수성을 포함한 과제 수행을 위한 연구자의 전문성을 평가 수행

<표 5-33> 한계도전 R&D 과제 선정을 위한 2차 평가 기준

구분	주요 내용
과학기술적 도전성	• 목표 달성을 위한 접근 방식(방법론)의 도전 · 혁신성 • 문제 인식 정도와 제안 기술의 독창성 등
연구계획의 적절성	• 제안 목표 및 방법론의 명확성 • 최종 목표 달성을 위한 마일스톤 계획의 적절성 • 리스크 관리 계획, 연구 수행 일정과 예산 설정 등의 적절성 등
한계도전 R&D 사업의 적합성	• 연구개발 성공시 파급력 및 확산 방안 • 글로벌 과학기술 강국 도약 및 시장 선도 가능성 등
연구자의 우수성	• 과제 수행을 위한 연구자의 전문성과 경험 등을 판단

② **(과제 선정 및 선정평가 결과설명회 실시)** 선정 결과에 대한 대외 공정성 및 투명성 확보를 위해 선정평가 결과설명회를 실시

❍ 한계도전 R&D 프로젝트는 평가 결과를 단순 통보하는 기존 R&D 방식에서 벗어나 책임PM이 선정된 연구자와 선정되지 않은 연구자 전체를 대상으로 평가 결과에 대한 세부 내용을 설명하는 자리를 마련

- (평가위원 간담회) 과제 선정 평가위원들을 초정하여 기 진행된 평가에 대해 개별적 절대평가를 통한 의견을 청취

- (평가결과 설명회 및 개별 면담) 책임PM은 선정 혹은 미선정된 연구자에게 연구 주제별 기획 의도와 과정, 평가 취지, 평가 의견 등을 상세히 설명하는 설명회를 개최하고, 연구자의 신청 시 개별 면담을 통한 보완점 컨설팅 수행 추진

③ **(협의)** 책임PM은 센터장과의 협의를 통해 선정된 과제를 대상으로 최종적인 상세 계획 설정과 마일스톤 설정을 수행

- 선정 연구자들은 책임PM과의 협의를 통하여 연구 계획 및 방법을 조율하는 상세계획을 수행하고 목표 달성을 위한 마일스톤 계획을 수립하여 최종 과제 협의를 수행 예정

3 추진 과제 평가·관리 방안

❑ 독립된 부설기관인 한계도전전략센터는 명확한 임무 및 목표 달성을 위한 유연한 사업 평가 및 관리를 수행

❍ 연구 주제 내 과제수행을 책임PM의 자율에 맡기며 과제에 대한 연차 평가를 未실시 하는 대신, 과제를 총괄 관리하는 책임PM의 주기적 관리·점검 실행

- 책임PM의 행정적 부담 최소화를 위하여 연구비 집행 사항 관련만 점검
- 주요 점검 항목인 ①계획 대비 과제 추진 실적과 ②연구 활동의 체계성 및 우수성 등의 내용이 관련 점검보고서에 포함되면 인정
- 연구 수행 미비 등과 같은 발생 시 한계도전전략센터 및 한국연구재단 등에 보고를 통한 연구 종료 추진
- 대내외 환경 변화 등으로 인해 연구 수행에 어려움이 발생 시 연구팀, 책임PM, 센터와의 협의를 통하여 불이익 및 부가적 제재 없이 연구 종료 수행

❑ 책임PM은 사업의 진도 관리, 단계평가, 최종평가 등을 수행에 있어 주체적인 역할을 수행하며, 책임PM의 재량하에 평가단 구성 추진

<표 5-34> 과제 관리를 위한 평가 프로세스

구분	주요 내용	주체	기간
진도점검	• 책임PM은 연구책임자와 연구개발기관을 대상으로 최소 분기별 1회씩 연구의 진행 상황 및 애로사항 등을 점검하고 컨설팅 위주의 해결 방안 마련 모색 -(진도점검결과보고) 책임PM은 분기별 1회씩 보고서를 작성하여 내부 보고를 수행	책임PM, 연구자	분기별 1회
⇩			
단계평가	• 연구 기획 단계 종료 시, 진행 과정, 마일스톤 달성여부, 다음 단계 연구 계획 등을 토대로 과제의 진행 현황을 파악하고 과제의 Go/No-Go 여부를 센터장과의 협의를 통해 판단 -(평가단) 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 관련한 전문가와 No-Go를 받은 연구원을 포함할 수 있음 -(평가방법) 책임PM은 연구목적에 따라 맞는 평가 방식을 선정하여 평가 수행	책임PM, 센터장	단계 종료 시
⇩			
최종평가	• 과제 종료 시, 과학기술적 성과, 연구과정의 지식화(축적), 지식 확산 정도를 책임PM의 주도하에 평가	책임PM	과제 완료 시

❍ (평가단) 과제평가단은 책임PM의 재량하에 분야별 전문가로 구성되며 평가위원의 제척기준을 완화하여 구성함에 따라 전문성을 제고하고, 전임PM 혹은 담당 책임PM이 포함될 수 있음

- 또한 평가단에는 책임PM의 재량으로 진도점검, 단계평가에서 협의를 통해 과제를 중단한 연구자들을 포함할 수 있음

① **(진도점검)** 책임PM은 사업의 전주기적 관리를 수행하는 책임자로써 연구 진행 현황 및 사업 진행의 애로사항 등을 수시로 관리·점검하여야 하며, 센터 내외부 지원조직을 통하여 애로사항에 대한 해결책 마련 수행 필요

- (점검항목) 기존 마일스톤 달성 계획 대비 진행 현황 및 연구 과정에서의 이슈사항 등을 점검 수행

➟ 이때 필요한 연구 데이터 수집 및 관련 지원 사항은 센터 내 운영지원조직과 센터 외부의 책임PM 지원조직인 SETA를 통해 받으며 연구책임자와의 지속적인 소통으로 협의 사항을 사업에 반영 추진

- (결과) 책임PM의 의사결정 사항은 문서화하여 기록·수집하고 분기별 1회씩 진도점검 결과보고서 작성을 통해 내부 보고를 수행하여야 하나 필요시에만 이해관계자들에게 공유하며 예정

② **(단계평가)** 평가의 내실화 및 실효성 제고, 연구자 평가 부담 완화를 위하여 참여연구자 상호 컨설팅 형식의 동료 평가 및 리뷰를 진행하고, 프로젝트 진행 과정, 마일스톤 달성 여부 등에 대해서만 평가 수행

- (평가방법) 단계평가는 책임PM의 주도하에 연구 과제의 목적과 특성에 맞는 평가방식을 선택·실시하여야 하며 책임PM과 연구자와의 협의를 통해 설정한 마일스톤의 달성 여부 평가를 주요 대상으로 설정하여야 함

➟ 서면평가, 토론평가, 발표평가 등 다양한 방식의 단계평가가 가능하며 평가의 방식은 책임PM 및 한계도전전략센터, 연구개발기관 및 연구책임자의 협의에 의하여 선정

- (평가항목) 동 사업은 진행 과정에 대한 방향성 및 적절성, 마일스톤 달성 여부 및 계획 등을 위주로 평가하며

<표 5-35> 단계평가 세부내용(안)

평가항목	배점	평가내용
수행 과정	50	• 자료 및 데이터 지식화 현황 • 연구 방향서의 적절성 파악 • 연구 과정에서의 리스크 관리 계획 현황
마일스톤 달성 여부	50	• 진도점검 이후 수정 사항 이행 현황 • 연구 과정에서 창출된 성과 현황 • 연구 단계별 목표 달성 여부
합계	100	

<표 5-36> 단계평가 시, 점수 부여 및 등급 부여(예시)

구분	정의	배점수준(안)	구분
우수	• 사업 수행 과정 및 계획이 적절하고 기 설정한 단계별 목표를 충실하게 이행	평가점수 80점 이상	GO
보통	• 마일스톤 달성이 미흡하나 수정·보완을 통하여 사업 추진에 어려움이 없을 것으로 예상되는 과제	평가점수 40점 이상	수정·보완 / GO
불성실	• 추진 사항이 미흡하고 마일스톤 달성이 미흡하여 지속적인 사업 진행이 어려운 과제	평가점수 39점 이하	NO-GO

- (결과확정) 책임PM은 단계평가보고서를 작성하여 한계도전전략센터와 협의하에 과제의 Go/No-Go를 연구개발기관 및 연구책임자에 통보하여야 하며, 책임PM은 단계평가결과에 따라 해당 과제에 대한 연구개발비 조정 및 연구 내용 및 목표를 변경(Pivoting)을 수행・협의하여야 함

➟ 연구환경 변화로 인하여 연구수행이 불필요한 경우 제재처분없이 사업 종료 가능

- (이의신청) 연구개발기관 및 연구책임자는 책임PM이 작성한 단계평가보고서에 대해 피드백과 No-Go 판단에 대한 이의신청을 할 수 있음

➟ 책임PM과 연구참여자들은 협의를 통하여 마일스톤을 변경하여야 함

③ **(최종평가)** 연구 과제 종료 시, 과학기술적 성취 및 연구 과정의 문서화 등을 통한 지식화, 파급력 확산의 정도 등을 평가 수행

- (평가방법) 최종 연구개발 성과는 성과발표회 형식으로 진행되며, 점수 및 등급 평가 등을 활용한 절대평가로 진행되나, 책임PM의 재량 따라 점수와 등급을 매기지 않고 평가 가능

➟ 동 사업의 과학기술적 성과, 도전・혁신형 연구개발을 위한 연구문화 조성・확산의 영향력 파악 등을 집중평가 하며 R&D 과제의 성공/실패가 아닌 마일스톤 달성 여부, 활용 가능성 등 향후 과학기술계의 영향력 등의 질적 요소 중심의 판단 필요

- (평가항목) 100점 만점 기준으로 기준점수에 의한 절대평가로 등급을 결정

➟ 기준점수(90점/75점/60점 등)로 평가 등급 구간을 정하고 수행 과제 평가점수가 속하는 구간에 따라 등급 부여

<표 5-37> 최종평가 세부내용(안)

평가항목	배점	평가내용
연구목표 달성도	20	• 연구 목표의 달성도
연구결과의 우수성	30	• 연구결과의 독창성 • 기술이전 계약 금액 • 삼극특허 수, 우수특허(피인용 상위 10%) 수
연구결과의 활용 가능성	30	• 연구결과의 산업계 도입 건(라이센스, 기술이전 등) • 새로운 영역 발전 가능성
파급효과	20	• 경제적/사회적 파급효과 • 성과물의 산업적/과학기술적 파급효과
합계	100	

<표 5-38> 최종평가 시, 절대 평가(안)

구분	정의	배점수준(안)	구성비율(예상)
우수성과	최종적으로 목표 달성한 과제 (목표 달성도 98% 이상)	평가점수 90점 이상	10～20% 내외
보통	최종 목표 달성에 일부 미달한 과제 (목표 달성도 90% 이상)	평가점수 75점 이상	50～60% 내외
성실수행	최종 달성에 실패한 과제 (제출된 연구노트, 보고서 등을 통해 해당 연구의 성실수행을 인정받은 과제)	평가점수 60점 이상	40～50% 내외
불성실수행	최종 목표 달성에 실패한 과제 (성실수행을 인정받지 못한 과제 또는 사업비 용도외 사용 등 규정 위반 과제)	평가점수 59점 이하	0～5% 내외

- (결과확정) 책임PM은 최종 평가보고서를 작성하여 한계도전전략센터와 공유하고 연구개발기관 및 연구책임자에 통보하여야 하며, 책임PM은 평가보고서에 따른 결과보고서 작성 필요

➟ 최종평가 후 발생한 추가 실적에 대하여 평가위원과 책임PM의 필요성을 인정한 경우, 평가 보완 제도 도입을 통한 성과 추가 및 확산 추진

➟ 최종평가의 등급에 따른 인센티브나 제재처분 등의 후속조치는 과제 공고 등에 미리 공개

- (이의신청) 책임PM이 작성한 평가보고서에 대해 연구개발기관 및 연구책임자는 이의신청이 가능하며 책임PM의 재량에 따라 재평가 수행

➟ 최종 결과보고서 작성 이전, 연구개발기관 및 연구책임자는 평가보고서에 대한 피드백 요청 또한 가능하며 이때 책임PM은 논의를 통한 정보 전달을 수행하여야 함

- (분야별 발표) 최종평가 이후, 한계도전전략센터와 책임PM은 연구발표회를 통하여 과제별 연구 과정 및 우수 성과를 소개하고 연구 목표 달성에 실패한 과제에 대해서도 실패보고서 발간 및 실패발표회 등을 수행함으로써 동 사업의 책무성 제고와 연구의 지식화 수행

➟ 후속 연계 R&D 및 연구 과정에서 도출된 파생 연구개발 관련 소개 발표 추진

4 한계도전전략센터 투명성 제고 방안

❑ 사업 운영의 유연성과 자율성 보장을 위하여 한국연구재단의 별도 부설기관으로 한계도전전략센터를 운영하여 기관의 독립성과 자율성을 확보

❍ 기관 운영의 안정성과 지속성을 확보하기 위하여 독립된 부설기관으로 운영하며, 기관의 독립성 확보·유지를 위해 외부 전문가로 구성된 평가단 등의 역할 최소화

❍ 기관 운영의 유연성과 자율성을 보장하되 책무성을 강화하고 기관의 투명성을 제고하기 위한 방안으로 한계도전전략센터와 책임PM 업무의 기록을 권장

❍ 한계도전전략센터의 센터장과 책임PM은 신속하고 원활한 의사결정 체제 구축을 통하여 업무 방향과 연구과제 관리에 대한 지속적인 소통을 수행하고 동 사업의 투명성 제고를 위한 사업관리 역할 수행 필요

- 한계도전전략센터는 사업의 관리 지표로 책임PM과의 의견 교환, 투입 자원의 활용률 점검 등으로 구성할 수 있으며 책임PM은 실패 세미나 개최 및 실패 보고서 발표 건수, 산학연관 지식교류 촉진 건수 등을 사업의 관리 지표로 구성하여 자발적인 규제 강화와 책무성 강화 수행 가능

- 또한 연구팀과의 의사소통 기록일지 작성, 산학연 네트워크 구축 및 전문가 의견수렴 등으로 자체적인 투명성 제고 방안 확보 추진이 가능할 것으로 예상

5 사업 성과 관리 및 활용 방안

❑ 성과 관리 및 연계사업 관리

❍ (성과관리) 한계도전 R&D 성과 관리 전략은 혁신적 성과 지표의 설정과 관리, 주기적인 모니터링 및 피드백, 리스크 관리와 실패로부터의 학습, 그리고 성과를 공유하고 확산시키는 방안을 포함

- (① 혁신적 성과 지표 설정 및 관리) 혁신적인 연구의 결과는 단기적으로는 명확한 성과로 나타나지 않을 수 있기 때문에, 도전적·혁신적 R&D 성과에 대한 재정의가 필요하며 다양한 성과 지표를 고려할 필요가 있음

<표 5-39> 도전적·혁신적 R&D 성과 지표 예시

구분	주요 내용
기술적 돌파구 (Breakthrough)	• 특정 기술 분야에서 이전에 해결되지 않았던 문제를 해결한 경우나, 전혀 새로운 기술 원리나 방식을 개발한 경우인지를 평가
경제적/상업적 가치	• 개발된 기술이나 솔루션이 시장에서 어떠한 수익 모델이나 비즈니스 기회를 창출할 수 있는지를 평가
사회적 영향 (Impact)	• 해당 연구의 결과가 사회 전반에 어떤 변화나 영향을 줄 수 있는지, 예를 들어 환경, 교육, 의료 등 다양한 분야에서의 변화를 촉진하는지를 평가
지식확산과 전달 (학문적 기여도)	• 연구의 결과가 어떻게 학계나 산업계에 전달되었는지, 학술 논문, 특허, 세미나, 워크숍 등 다양한 방식을 통해 지식이 확산되었는지를 평가(또한 해당 연구가 후속 연구나 다른 연구자들에게 영감을 준 경우, 이를 중요한 성과로 간주)
글로벌 학문 커뮤니티나 산업계에서의 인정	• 연구가 국내외 학계나 산업계에서 어떻게 인정받고 있는지를 검토(예시: 고든 컨퍼런스급 학회 초청 키노트 스피커 발제, 수상 등) • 연구참여 H-inex 및 네트워크 분석을 통한 사업초기 분석결과와 연구종료단계 및 추적조사분석을 통해 평가 필요

- (② 모니터링과 피드백) 책임PM 및 한계도전전략센터 내외부 전문 지원조직이 사업의 진행 상황을 주기적으로 검토하여 목표 수준의 도전성을 평가하도록 하고, 이를 기반으로 필요한 조치에 대한 피드백과 실효적 컨설팅을 제공하며 프로젝트의 방향을 조절하거나 필요한 경우 중단하는 결정을 할 수 있도록 함

➟ 과정(throughput) 중심의 연구개발 성과평가 및 관리 방식이 정착될 수 있도록 동료 연구자에 의한 모니터링, 빅데이터 분석 등을 활용한 실질적 피드백 및 컨설팅, 모니터링 평가 실시

- (③ 리스크 관리) 연구개발 과정 및 결과에 영향을 줄 수 있는 리스크를 파악하고, 사전에 이를 관리하고 대응하는 전략을 마련하되, 실패를 연구의 일부로 인정하고 실패로부터 얻는 교훈이나 통찰을 통해 다른 프로젝트에 활용하고자 하는 문화 조성

➟ 과제별 도전적 성과지표를 발굴, 체계적인 과제 관리 시스템 구축하고 예상되는

위험요소를 식별 및 관리할 수 있는 리스크 관리 가이드라인을 개발하여 적용

- (④ 성과 공유 및 확산) 과제의 단계평가 및 최종평가가 발표형식으로 개최될 시, 성과공유회와 유사하게 개최하여 관련한 토론과 피드백을 촉진시키며 해당 분야의 연구자나 전문가들과 지식 및 경험을 공유하도록 지원
(예: 연구 방향 공유, 기술 혁신 아이디어 제시, 새로운 협업 기회 발굴 등)

➟ 성과공유회(단계평가)는 충분한 발표 및 토론 시간이 확보한 후, 단편적 질문 또는 평가가 아닌 충분한 시간을 가지고 제대로 논의할 수 있도록 하여 연구단의 역량 향상(improvement)에 도움이 되는 방향으로 진행

➟ 장기적으로는 한계도전 R&D 프로젝트에 선정되는 연구팀에는 선정 자체로 연구자가 '명예'로 인식할 수 있도록 로고, 장관상 표창, 포상 등을 제공하고 적극적으로 홍보하는 등의 인센티브를 제공

❍ (한계도전 R&D 맞춤형 성과평가 가이드라인 개발) 단순히 논문/ 지재권의 건수 또는 특정 기술개발 등을 성과지표로 설정하는 것을 지양하고, 실질적인 문제해결의 가능성을 평가하는 등의 목적 달성을 중심으로 평가하는 한계도전 R&D 과제별 맞춤 성과지표를 도출 및 개발 수행

- 연구가 진행됨에 따라 새로운 활용 방향 및 혁신 기술이 도출되고 있는 경우도 많기 때문에, 목표 수정의 유연성을 주고 한 번에 약 30~40% 목표를 수정할 수 있게 조정할 기회를 줌

- 해외 경쟁자가 본 연구팀을 앞서가거나 이미 그 난제가 해결된 경우에는 목표를 변경하여 연구단만이 해결할 수 있는 새로운 난제를 모색할 수 있도록 가능성을 열어두어야 하고 그 탐색하고 도전하는 과정을 평가하고자 함

❑ 한계도전 R&D 기술 축적

❍ (연구 과정의 산출물 자산화) 융합을 위한 접근이나 참여연구진 구성에 있어 확장, 융합 등 실체적 변화를 유도한 효과가 있었는지 분석과 기록을 수행하고 융합연구 과정에서의 실패 사례를 연구 과정의 산출물로서 자산화

- (실패 포럼 개최) 미국의 'Fail Conference (FailCon)'를 벤치마킹한 '(가칭) K-Fail Conference' 연례 개최 추진

➟ (사례) 미국의 FailCon은 2019년 시작된 샌프란시스코 학술행사로, 400명의 기업가, 투자자, 개발자들이 실패를 연구하고 공유하는 행사임. 이는 성공 중심의 이벤트에 대한 대안으로 시작되었고, 주최자들은 대부분 실패한 스타트업 경험이 있는 사람들이며 이 행사의 목적은 이전 실패를 재조명하고 공유하여 유사한 실패를 피하고, 도전의지를 강화하기 위한 것

❍ (타사업 연계) 연구 프로그램 종료 이후 성과 확산 지원을 위하여 관련 타 기관 및 부처 등과의 업무 연계를 통한 추가 기술이전 및 창업 등의 지원 추진

- 기존 과기정통부의 글로벌플론티어플러스사업 등을 주목적 투자대상으로 선정한

‘과학기술 성장펀드’ 및 모태펀드 등의 펀드 투자대상으로 한계도전 프로젝트 적용 추진

- 연구 프로그램의 수행 중 및 완료 후에도 성과확산을 위한 별도의 기술사업화 프로그램 진행 수행

➟ 과기정통부는 혁신기술의 공급부처로 한계도전프로젝트에서 창출된 성과에 대한 확산 지원 사업을 수행할 필요가 존재

6 도전혁신을 위한 지원체계 구축 방안

❑ Tech to impact: 스케일업・실증 지원 및 성과활용 연계 지원하기 위한 조직

❍ 한계도전전략센터 내 연구성과 확산을 위한 지원조직(T2I)을 구성하고 센터장과 담당 책임PM의 협의를 통하여 Scale-up R&D 및 실증 지원을 유도
☞ 기초・원천 연구성과의 단절없는 실용화 지원을 통한 가치창출 극대화

❍ T2I(Tech to Impact)지원조직은 연구개발의 성과를 경제적 가치로 전환하기 위해 필요한 기술 평가, 스케일업, 시장 분석, 파트너십 구축, 교육 및 트레이닝 등을 지원하는 역할을 수행함

- 산업적 파급효과가 클 것으로 예상되는 기술에 대한 사업화 지원 수행 및 연구 종료 이후에도 성과의 지속적인 확산을 위하여 사업 진행에 따라 예상되는 성과 파급 가능성 및 사업화 가능성에 대하여 책임PM과의 긴밀한 협조체계 구축

- 연구 기획단계에서 기술 및 시장 동향 분석을 지원하고, 시장 잠재력 등 사업화를 위한 계획을 수립함에 있어 제안팀 역량으로 부족한 부분을 지원

- 기술 개발 이후, 기업과 함께 사업화를 지원하는 프로그램을 신설하여 변혁적 기술성과의 조기 사업화 지원 추진

➟ 예를 들어 상품화단계를 지향한다면 엑셀러레이터(*엑셀레이션 전문단체: 창업 지식, 경험, 비즈니스 인사이트, 마케팅, 홍보, 교육 등을 통해 초기 스타트업을 지원하는 프로그램을 운영하는 단체)-VC-컨설팅그룹을 구성하여 사업화와 관련된 리스크를 검토하고 자문

➟ 단순히 결과물의 사업화를 평가해서 투자하는 역할보다는 R&D 단계부터 상호 교감하며 파트너 역할을 해 줄 수 있는 기능이 매우 중요하며, 이를 위한 프로세스와 시스템을 구축하고 연구단이 필요시 언제라도 활용할 수 있도록 지원 수행

- 개발기술의 상용화가 가능한 프로젝트를 발굴하여, 스케일업 및 실증 등을 지원하되, 책임PM의 평가를 통해 지원 여부를 결정하며, T2I조직은 성과물의 원활한 시장진입을 위한 가치측정, 사업화, 수요자 네트워킹 등 컨설팅 등의 지원 추진

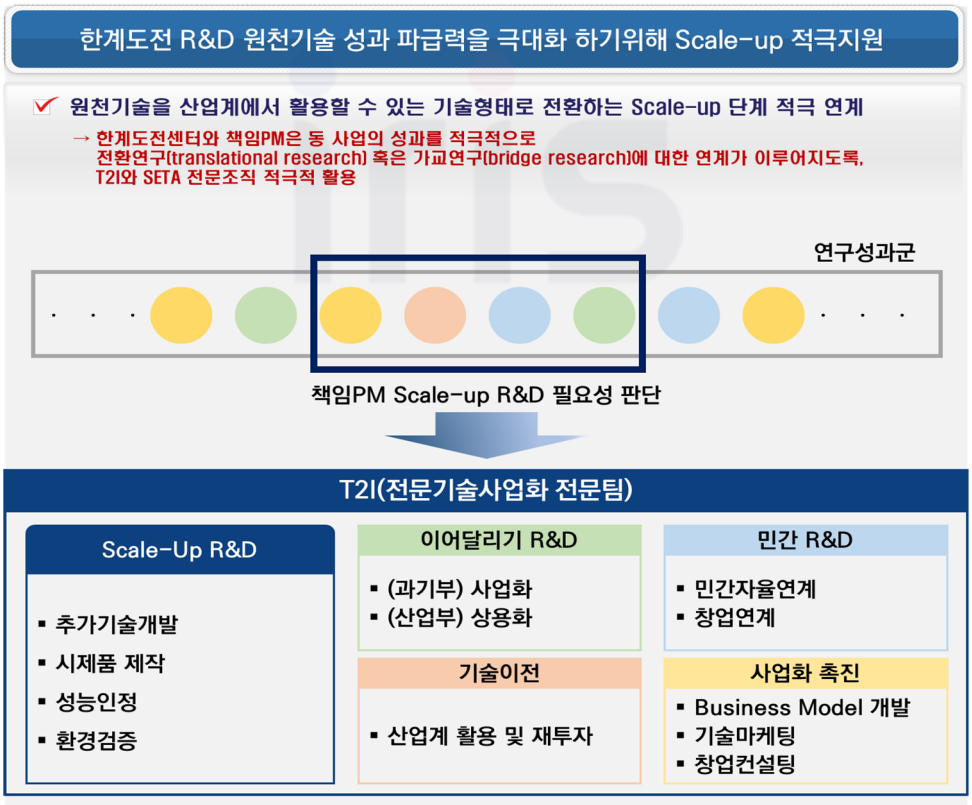
<표 5-40> Tech to Impact 지원 주요 내용

구분	주요 내용
역할	• 연구성과 활용을 위한 정보 제공 및 사업화 방향성 제공 - 성과물의 가치측정, 상용화 가능성 판단, 수요자 네트워킹 등을 통한 신시장 창출 지원 • 책임PM와 함께 연구과제 선정 시부터 관여하여 예상되는 성과의 파급가능성 및 사업화 가능성을 검토
방식	• 종료된 사업의 후속연구 및 타사업 연계 진행 수행 • 기술사업화를 위한 기술이전 및 중개 등의 지원 수행

- (① 기술 평가 및 선정) 연구 단계에서 나온 기술 중에서 실제 시장에서의 상업적 가치가 높은 기술을 평가하고 선정, 연구 결과와 혁신을 시장 가능성과 연계하여 분석

➟ 각 과제별 파이프라인(pipeline)을 성과유형, 개발상태(TRL) 등에 따라 포트폴리오를 구성하고 쌍방향의 선제적 모니터링을 통한 최적화된 성과 창출을 위한 맞춤형 가치제고(value up) 서비스 제공

- (② 스케일업 및 실증 지원) 연구실 규모의 기술을 산업 규모로 확장하기 위한 지원, 프로토타입 제작, 대규모 테스트, 실증 프로젝트(기술 확장과 실제 환경에서의 기술 효용성과 가용성 검증) 설계 및 지원



<그림 5-5> 책임PM의 스케일업 진행 과정

➟ 책임PM은 과제별로 실증테스트 또는 인증 등에 필요한 절차와 세부 사항에 대해 자문 및 코칭을 수행할 수 있는 전문가(기술 및 시장정보분석가, IP 전문가, 투자자 시장전문가, 연구자업자 등)들을 외부지원조직인 SETA를 통해서 지원받아 수행

➟ 스케일업(Scale up)의 경우, 이전에 앞서 사전적으로 실험실 성능이 현장이 요구하는 성능 구현에 적합한가에 대한 검증과 이에 필요한 전문가 사전컨설팅 및 Scale-up R&D 등을 지원

➟ (해외 Scale-up 연계 지원 사례) 스위스 Bridge 프로그램의 경우, 기초연구 성과와 실행 간의 유용한 연계를 위해 개념증명, 실증 기반 솔루션 확보 등 1,533억 원 예산('21~'24) 지원

- (③ 기술이전 및 라이선싱) 기술의 상업적 활용을 위해 외부 기관이나 기업과의 기술이전 또는 라이선싱 협약을 체결 및 상업화 파트너와의 협력을 위한 각종 계약 관리 등을 지원

➟ 자체 개발, 기술이전, 스타트업, 조인트벤처, 전략적 제휴 등 과제별 포트폴리오 운용 전략과 연계하여 유망아이템 조기발굴, 사업화전략수립, 초기 사업팀 구성, 투자유치 등 엑셀러레이팅 자문 및 지원

- (④ 시장 분석 및 전략 개발) 시장변화와 기술 트렌드를 파악하여 타겟 시장 및 경쟁 현황을 분석하고, 적절한 사업 모델을 제안

- (⑤ 네트워킹 및 파트너십 구축 지원) 산업체, 연구 기관, 대학 등과의 협력 네트워크 구축을 촉발하고 외부 투자자나 기관으로부터 투자를 유치하거나 협력적 파트너십을 구축하기 위한 관계 관리 지원

➟ 특히, 산업도메인 전반의 기술 연계, 테스트베드 파이프라인 구축, 규제 확인 및 개선 등을 위해 요구되는 주요 재원들을 연계하는 역할을 수행

- (⑥ 교육 및 트레이닝) 기술사업화와 관련된 교육 및 트레이닝 프로그램을 개발 및 운영하여 연구자나 스타트업의 역량을 강화하고 기술의 스케일업 및 실증 단계에서의 진행 상황을 지속적으로 모니터링하고, 필요한 조정 및 지원을 제공(중요한 의사결정에 필요한 정보 및 분석 포함)

❑ 운영지원조직: 책임PM 활동 전반의 행정적, 재무적, 지원을 수행하는 조직

❍ 한계도전전략센터 내 사업의 원활한 수행을 위하여 사업 수행 전주기에서의 리스크 관리를 수행하고, 책임PM의 행정적 부담을 완화하기 위한 문서화 및 연구팀 및 SETA와의 계약 등의 재무적 지원, 사업 기획과 관련한 지원 등의 역할을 수행하는 조직

<표 5-41> 운영지원조직 지원 주요 내용

구분	주요 내용
역할	• 연구의 축적을 위한 데이터 관리 및 필요 정보 제공 • 책임PM과 함께 사업 전주기의 리스크 관리 수행 및 사업의 지속성을 위한 교육 등을 수행
방식	• 행정적 부담 완화를 위한 문서관리를 포함한 행정적 지원과 계약 협상 및 체결 등의 재무적 지원 수행 • 책임PM의 재량으로 구성되는 평가단 및 자문단 관리 및 검증 등의 수행과 SETA와의 협력을 통한 책임PM 사업 관리, 교육 관리 등의 지원 수행

- (① 문서화 및 서류 지원) 책임PM 주도의 과제 기획 과정에서 필요한 서류 관리 및 정보 파악을 지원하며, 진도점검・단계평가・최종평가 시에 도출된 과제의 현황 및 데이터에 대한 문서화 및 기록화를 지원

- (② 회계 및 계약 지원) 연구단과 SETA와의 협의 및 계약 체결 등의 전반적인

재무 업무를 지원

➟ 예산의 효율적인 관리를 위하여 사업 예산 편성 지원 및 집행 관리 수행, 계약서 작성 및 관리 업무, 계약 체결 및 사후 지원 등의 재무적 지원 수행

➟ 연구팀의 인건비 관리, 구매계약, 지출·결산 등의 자문 및 지원

- (③ 책임PM 및 한계도전 사업 운영 관리) 한계도전전략센터 내부관계자 및 책임PM의 해외 출장 등의 일정 관리 및 컨퍼런스 개최를 위한 산학연관 네트워크 구축 지원 등의 관리 업무 수행

➟ 센터 내 인사 관리 및 채용 관리, 법률자문을 위한 연계 지원, 행사 관련 지원 수행

- (④ 이해관계자 관리 및 검증 지원) 책임PM의 재량, 한계도전전략센터의 추천 등으로 구성되는 연구주제발굴자문단 및 평가단 관리 및 운영 지원 수행

➟ 자문단 및 평가단 구성을 위한 레퍼런스 체크와 제척·기피·회피 관리 등의 검증 수행

- (⑤ 아카데미 운영 지원) 한계도전 아카데미(가칭) 운영을 통한 인재양성을 위하여 교육 프로그램 기획·관리 지원 수행

➟ 한계도전 R&D 사업을 이해하고 있는 강사 섭외, 도전적 아이디어 창출이 가능한 교육생 모집 등의 아카데미 운영 지원

- (⑥ 센터 운영 및 홍보 지원) 센터 시설 관리 및 온·오프라인 채널을 이용한 사업 홍보와 현황 관리를 지원하며 운영 및 홍보와 관련한 피드백 등을 지원 수행

❑ (SETA) 책임PM을 지원하는 외부조직으로 성공적인 연구 목표 달성을 위하여 기술지원과 지침 등을 제공·지원하는 조직

❍ DARPA의 혁신적인 성공 구성요소 중 하나로 아웃소싱을 통한 인력 지원(Outsourcedsupport personnel)[6]방식인 SETA가 존재

- DARPA는 SETA를 통하여 직원 유지에 대한 부담 없이 다양한 기술 분야에 도전하였으며, 책임PM의 사업 수행에 있어 필요한 기술적 조언과 안내 사항 등을 제공

➟ DARPA PM들은 프로젝트 관리 및 행정지원을 위해 SETA 조직을 할당할 수 있으며, 프로그램 예산, 기술적 요구사항 및 난이도, 복잡성 등에 따라 해당 프로그램에 투입되는 SETA 규모를 결정하여 계약할 수 있음

- '15년 기준, 1개의 프로그램당 1개의 SETA 업체가 참여하고 있는 것으로 확인되었으며, SETA의 규모는 PM의 재량으로 결정

<표 5-42> DARPA 참여 SETA 업체 수('15년 기준)

참여 SETA 업체 수	해당 프로그램 수	참여 SETA 업체 수	해당 프로그램 수
1개	130개	5개	2개
2개	34개	9개 이상	3개
3개	16개	0개	75개
4개	5개	합계	265개

6) The value of vision in radical technoligical innovation, Tammy L. Carleton, September 2010

❍ 한계도전 R&D 프로젝트에서도 도전적인 연구개발을 위하여 별도의 외부지원인 SETA를 구성하여 책임PM을 지원할 예정이며, 책임PM과 한계도전전략센터는 협의를 통하여 외부지원 조직인 SETA의 주요 업부 범위를 설정 하여야 함

- SETA는 단순 행정, 평가지원부터 연구관리에 필요한 기술 동향 조사, 기술 검토 등 다양한 범위에서 책임PM을 지원하며 연구분야에 따라 유연하게 활용 필요

<표 5-43> SETA의 주요 업무

구분	내용
기술 지원	• 기술제안 검토, 기술평가 수행 및 기술 솔루션에 대한 권장 사항 제공 • 최신 기술 동향 및 발전 상황 모니터링으로 관련 지침 제공 • 책임PM에게 기술보고서, 백서 및 브리핑 개발을 포함한 문서 지원 등
관리 지원	• 예산, 일정 및 리소스 관리를 포함한 프로그램 관리 지원 제공 • 연구과정에서의 잠재적인 리스크 분석 및 관리를 통한 권장 사항 제공
시스템 엔지니어링 지원	• 책임PM에게 시스템 요구사항 및 개발 검토, 설계검토 수행, 시스템 통합 및 테스트에 대한 지침 제공 등
문서화 지원	• 연구 수행 및 관리에 있어 데이터를 문서화하여 후속 연구나 개발 시에 참고할 수 있도록 지원

- SETA는 외부 지원조직으로 책임PM, 한계도전전략센터와의 협의를 통해 선정되며 지원 내용에 따라 진행보고서 및 결과보고서 등을 제출하여 평가받아야 함

<표 5-44> SETA 평가 주요 내용

구분	내용
성과물	• 완료된 특정 작업 및 성과를 포함하여 SETA가 제공하는 기술 지원 관련 보고 -계약에 설명된 성과물 상태(완료, 진행중 또는 예정된 성과물 포함)에 대한 업데이트 제공 여부 파악 • 책임PM과 연구원들에게 제공된 기술적 자문이나 해결책이 효과가 있었는지, 제공된 기술 자문이 기준이나 요구사항에 충족되었는지 평가
리스크 관리	• 잠재적 위험의 식별 및 분석과 제안된 위험 완화 전략을 포함하여 프로그램 위험의 평가를 제공하였는지 파악 • 발생한 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 대처 방안을 제시하였는지 검토
계약 준수	• 책임PM의 지원에 있어 작성된 보고서나 문서가 정확하고, 필요한 정보가 제대로 전달 되었는지 파악 • 책임PM 업무 지시사항에 대해 적시에 완료되었으며 지연이 발생하지 않았는지 파악
향후 작업 계획	• 이후 제안된 일정 및 성과물을 포함하여 SETA 직원이 수행해야 하는 향후 작업 계획과 활동을 개략적으로 설명하였는지 파악

❑ (국제협력) 해외 우수 연구그룹과의 전략적 국제협력을 통해 글로벌 연구 협력 네트워크를 강화하고 한계도전 R&D 연구역량을 세계적 수준으로 제고

❍ 한계도전 R&D 프로젝트의 차별화된 국제협력 전략은 ①차별화된 국제협력 대상 발굴, ②핵심 연구자 네트워크 구축, ③국제공동연구 지원, ④기술이전 및 상용화 지원 등의 4가지 핵심 전략으로 요약됨

- 차별화된 국제협력 대상을 지속적으로 발굴하여 전략적 파트너십을 구축하고 연구협력의 질과 규모를 확장하여 국제적 인정과 영향력 확대

  ➟ (사례) DARPA는 유럽 및 캐나다와 협력하여 양자 컴퓨터 개발(퀀텀 플래그십), 이스라엘과 협력하여 자율 시스템 및 사이버 보안용 인공 지능 기술 개발(브레인 이니셔티브), 영국과 극초음속 무기 개발 협력(극초음속 협력 프로그램), 일본과 협력하여 의료 및 국방용 생명공학 기술 개발(Biological GUARD) 등을 추진 중

- 세계 각국의 핵심 연구자와의 네트워크를 구축하여 지속적인 협력과 정보 교류를 진행, 전문가 워크숍, 국제 컨퍼런스, 학술행사 등을 주관하거나 참여함으로써 국제 연구 커뮤니티와의 협력을 강화

  ➟ (사례) ARPA-E는 핵심 연구자를 중심으로 다양한 국제 연구 기관, 과학기술 기구 및 기타 관련 기관과의 광범위한 협력을 추구하며 이를 통해 모범 사례, 지식 공유, 혁신적인 연구 방향 등을 교환하고 새로운 협력 기회를 발굴

- 국가 간 공동 연구 프로젝트에 대한 자금을 지원하거나, 한계도전 연구그룹의 글로벌 공동연구 프로젝트 참여를 유도

- 다양한 국가의 규제 및 표준에 대한 이해와 협력을 통해 상용화 과정에서의 장애물을 제거하거나 최소화하고, 국제적 네트워크와 리소스를 최대로 활용하여 상용화를 가속화

❍ 한계도전전략센터는 불확실성이 높은 도전적 연구개발을 위해 글로벌 협력 강화를 추구하며, 연구단이 글로벌 연구 협력의 기회를 최대화할 수 있도록 지원

❍ 불확실성이 높은 도전적인 연구개발의 경우에는 선진국으로부터의 기술 도입, 공동연구 등 개방형 연구개발이 무엇보다 중요

❍ 연구자 개인 차원에서 효과적인 연구 협력 전략 수립을 위한 다각적 접근을 시도하는 것에 한계가 있을 수 있으므로, 한계도전전략센터는 연구단의 글로벌 경쟁력 강화 전략 수립, 해외 선도 그룹과의 공동 연구프로그램 연계, 국제 유명 학술지 게재 등을 체계적으로 지원하고자 함

- (국제 공동연구 동향 분석) 해외 주요국의 국제 공동연구 동향을 분석하여 최신 정보를 제공하고 연구단이 리뷰할 수 있도록 지원하며, 기초 자료 조사·분석을 통해 해외 혁신적 연구기관 및 유수 대학의 연구그룹의 국제협력 전략을 벤치마킹할 수 있도록 컨설팅을 실시함

- (차별화된 국제협력 대상 발굴) 학술정보 빅데이터 분석을 기반으로 연구 동향, 국제 연구협력 가능성, 글로벌 선도그룹의 역량 등을 파악하여 차별화된 국제협력 대상을 발굴하고 연구단별 맞춤형 전략 컨설팅 실시

  ➟ 특히, 현재 연구협력 파트너가 최선인지, 더 좋은 잠재 연구 파트너를 찾기 위한 효과적인 전략은 무엇인지를 파악하기 위한 객관적 분석이 필요함

  ➟ 빅데이터 분석 및 전문가 자문을 바탕으로 한계도전 연구그룹의 연구역량을 극대화할 수 있는 연구 협력 파트너인가에 대한 객관적 분석 정보를 제공

  ➟ 기존 연구파트너와 시너지 현황을 점검하거나, 내 논문을 인용한 연구자 중에서 잠재 연구 파트너를 확인하는 것, 관심 논문 데이터를 기반으로 잠재 연구 파트너를 발굴하는 것 등이 해당

- (전략적 파트너십 구축 및 교류 증진) 국제 공동연구 수행 및 해외 석학 초청 세미나 개최 등을 통해 글로벌 파트너십 구축을 지원하고 연구 환경의 글로벌화를 추진함

  ➟ 미국의 경우 대학에서 노벨상 수상자를 교수로 초빙하는 경우가 많아 수상자 재배출에 유리한 환경을 가졌다고 평가되고 있는데, 이처럼 세계적인 성과를 지속적으로 낼 수 있는 글로벌 네트워크를 갖추는 것이 중요

- (글로벌 공동 연구 프로그램 참여 유도 및 기회탐색 지원) 미국 NSF와 DARPA 등 글로벌 주요 연구기관은 기술 및 연구개발 분야에서의 빠른 변화와 진화를 반영하여 국제 협력을 지속적으로 확대하고 있으며, 국내 연구자가 이러한 프로그램에 참여할 수 있도록 필요한 정보와 자원을 지원

  ➟ 국내 연구자의 글로벌 수준 연구역량 확보를 위해 글로벌 도전적 R&D 프로그램 선정 사례에 대한 분석 자료를 제공하고 도전적인 목표 설정을 유도

  ➟ NSF Partnerships for International Research and Education (PIRE), Global Research Collaboration (GRC), DARPA Challenge 등 글로벌 공동 연구 프로그램 관련 정보를 제공함으로써 연구자가 스스로 글로벌 프로그램 참여할 수 있는 기회를 탐색할 수 있도록 지원함

- (인력 교류 및 연수 프로그램 지원) 양 기관의 연구자, 엔지니어 및 전문가 간의 교류 프로그램을 활성화하여 최신 지식과 기술의 전파를 촉진

  ➟ 특히, 실효적 국제 공동연구 추진을 위해서는 상호 신뢰를 기반으로 외국 연구자 유치 및 연구자 해외파견 등과 같은 인적교류를 통해 네트워크를 확대하여 나가는 것이 기반이 되어야 함

- (국제협력 컨퍼런스 개최) 한국형 고든 컨퍼런스를 개최하여 혁신적 연구결과 및 베스트 프랙티스를 공유하며 네트워킹 및 경쟁력을 강화

- (선도기관 협력) 공급망 회복력 강화 및 동맹국과의 협력 강화를 위해 세계적 도전·혁신 연구기관(DARPA 등)과의 교류·협력 확대 추진

  ➟ 책임PM 및 한계도전전략센터의 센터장을 중심으로 주요 도전・혁신 연구기관과의

공식적인 파트너십 협약을 체결하여 양 기관 간의 연구 협력과 교류를 확대

- (국제협력 툴킷) 연구자들이 능동적으로 글로벌 연구 수준을 리뷰하고 효과적인 국제협력 전략을 수립할 수 있도록 툴킷을 만들어 제공

- (국제협력 활동 모니터링) 국제협력 활동의 구체적인 목표와 성과 기준을 명확하게 정의하고, 정기적 리뷰(예: 컨퍼런스) 등을 통해 활동에 대한 데이터를 주기적으로 수집하고 피드백을 통해 전략 및 방향을 지속적으로 개선

➟ (사례) DARPA는 모든 국제 협력에 대해 정기적인 검토를 실시하는데, 이는 협업이 안전하고 책임감 있는 방식으로 수행되고 있는지 확인하기 위해 고안되었으며, 모든 국제 협력에 대한 DARPA의 정기 검토에는 협업 진행 상황을 논의하고 잠재적 위험을 파악하기 위한 파트너와의 회의가 포함됨

➟ 국제협력 활동 성과평가 지표 예시: 연구 협력 빈도(공동 연구 프로젝트 또는 워크숍, 교류회 등 활동 건수), 국제공동연구를 통한 학술논문 발표 건수 및 특허 건수, 국제 학술 행사 참여 횟수, 국제 연구 프로그램 및 교육 세션 참가자 수, 네트워크 확장성(새로운 연구 협력 파트너 및 기관 수), 연구자 교류 횟수, 국제적 평판 및 인지도, 국제적인 수상 횟수 등

7 도전혁신을 위한 투명한 관리체계

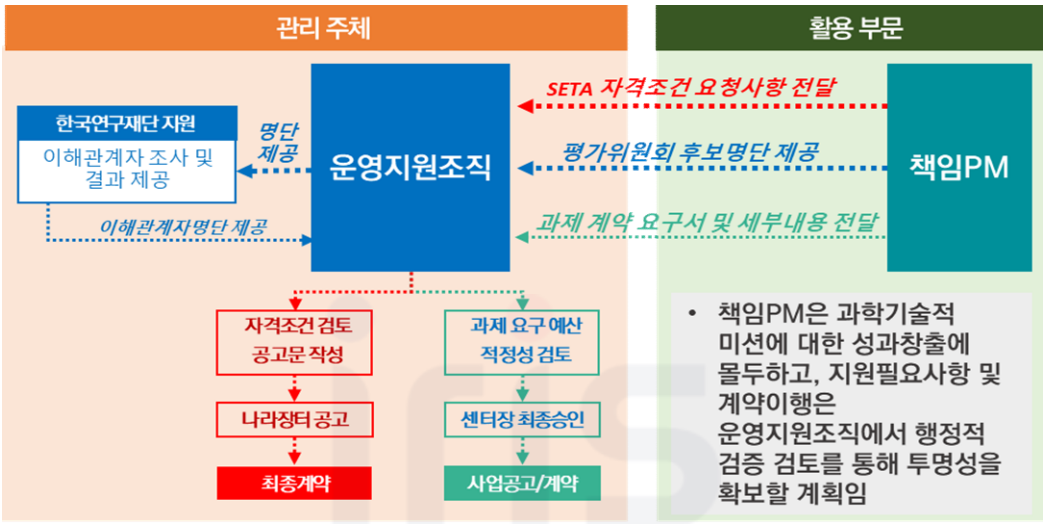
❑ 동 사업의 책임PM 자율성과 권한에 있어 투명한 관리체계를 수립

❍ 운영지원조직과 책임PM이 지원조직 운용에 있어 활용자와 관리주체(검증주체) 분리 함으로써 도덕성, 투명성을 강화

- (운영지원조직) 이해관계자 검증, 과제의 규모 및 기간, 기타 투명한 관리가 필요한 부문을 전문적인 검증을 통해 사업관리제도 확립

- (활용 부문) 연구과제 관리 및 성과창출을 관리와 기획 임무에 몰두

<표 5-45> 투명성 제고를 위한 주체 간 분리 방안



<표 5-46> OECD 공기업 지배구조 가이드라인(2015)의 공시와 투명성 기준을 준수함

구분	2015년 OECD 가이드라인 기준	한계도전전략센터 반영(안)
투명성 기준	• 고도의 투명성 기준을 준수해야 함 • 회계, 감사기준, 공시, 준법감시 등에 상장기업과 동일한 기준을 적용 해야함	• 조직간 원천분리를 통해 자율성에 대한 견제할 계획
통합 연차 보고서	• 소유권 주체는 공기업에 대한 일관성 있는 보고체계를 구축하고 공기업에 대한 통합연차보고서를 발간해야 함 • 일반 대중이 접근하기 쉽도록 웹을 통해 커뮤니케이션하는 것이 바람직함	• 한계도전 홈페이지 구축을 통해 국민에게 정보 공개 계획
외부 회계 감사	• 공기업 결산재무제표는 엄격한 기준에 기초해 독립된 외부회계감사를 받아야 함 • 특정 정부감사 절차가 외부회계감사를 대체할 수 없음	• 공공기관회계감사기준을 준용 • (R&D부문) 특정평가제도를 활용
정보 공시	• 공기업은 재무·비재무 정보를 국제적으로 인정된 기업공시 기준과 비슷한 수준으로 보고해야 함 • 소유주로서 국가와 일반 대중의 주요 관심 영역이 정보에 포함되어야 함 • 특히, 공공의 이익을 위해 수행하는 공기업 활동도 정보에 포함됨 • 정보공시는 공기업 역량과 규모를 감안해야 함	• 동 사업에 발생된 모든 결정요인은 홈페이지를 통해 공개할 예정 • 단, 연구주제 및 과제 내용에 대한 내용이 비밀이 요구 될 경우 센터장과 책임PM의 협의를 통해 비공개 가능

1. OECD, OECD Guidelines on Corporate Governance of State-Owned Enterprises, 2015 Edition, 2015, pp. 24~25.
2. 한국조세재정연구원, 「OECD 공기업 지배구조 가이드라인 2015」, 개정판, pp. 23~24.
3. 공공기관의 투명성 결정요인과 정책효과 연구, 2016, 허경선, 강윤식

4절. 성과 관리 지표 설정 방안

1 한계도전전략센터와 책임PM의 사업 관리 · 평가 방안

❑ 동 사업의 특징과 지향하는 목적에 기반한 사업관리 방안 제시

❍ 한계도전 프로젝트가 지향하는 전략이나 목표를 연구개발 현장에 일관성 있게 전파/지원/모니터링할 수 있도록 Challenge 포인트를 명확화하게 설정이 필요

< 한계도전 R&D 사업관리 Challenge 포인트 >

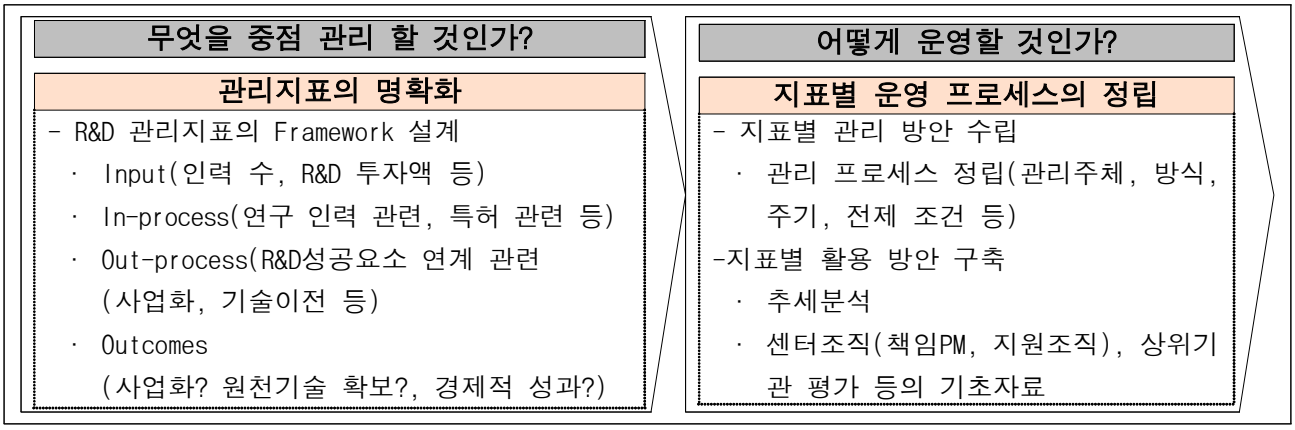
▻ *경직된 관리주의 관점에서 자율성 보장 방향*
▻ *불필요한 행정적 요소 보다는 책임과 혁신을 담을수 있는 R&D 체계 구축 방향*
▻ *양적 성과창출 보단 변혁적 성과 창출을 위한 유연성과 적시성 가능한 관리 방향*

❍ 동 사업의 특성에 맞는 R&D활동과 목적을 대외적 평가에 대응·관리하기 위해서는 통합성, 타당성, 역사성 제고 차원에서 관리지표 Framework을 구축이 필요

➟ 통합성: 관리지표 전체적인 관점에서 균형감 있게 설정되고, 지표간 연관 관계가 사업관리 System으로 파악될 수 있도록 구축 필요

➟ 타당성: 한계도전프로젝트의 임무 및 목표 달성에 기여도가 높은 핵심관리 지표 중심으로 R&D 부분의 성과를 선행 관리함으로써 센터 내부 지표 뿐만 아니라 동 사업의 성과창출, 내외부 평가·관리 등의 균형감 있는 지표체계로 구축되어야 할 것임

➟ 역사성: 지표별 관리 주체를 명확히 설정하고 지속적인 관리, 추세분석 등 체계적인 Follow-up에 활용하고 이 결과를 책임PM 업적 평가 시 기초자료로 활용하여 책임 있는 사업운영을 강화에 목적



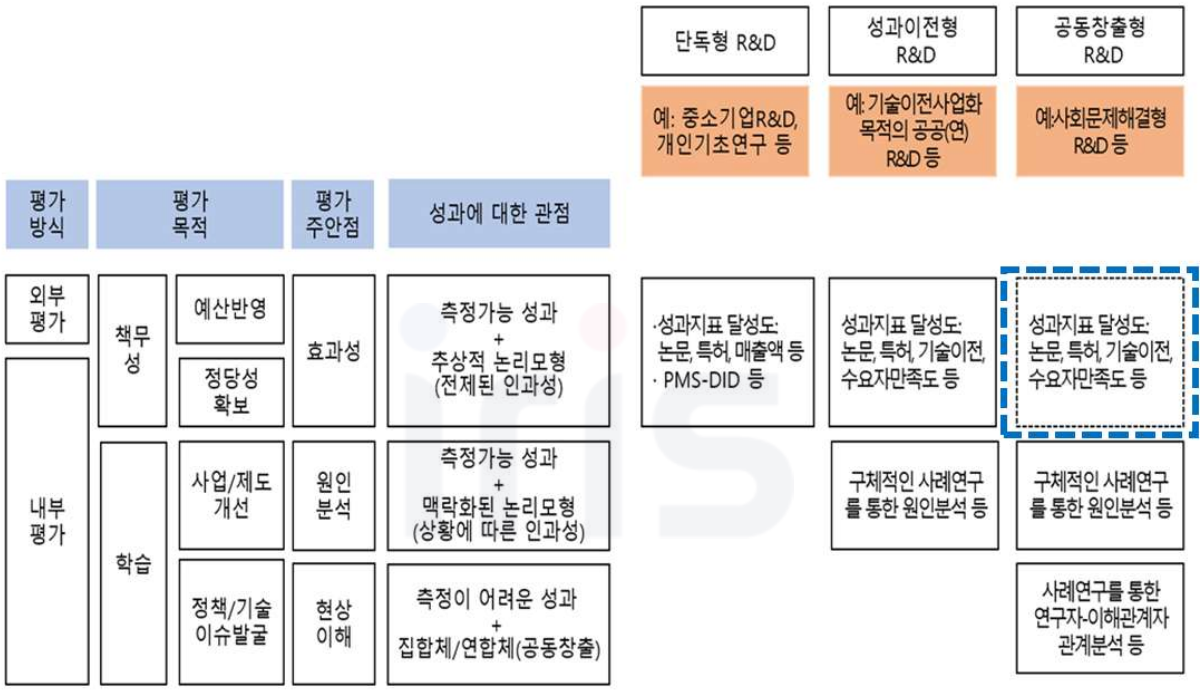
<그림 5-6> 한계도전프로젝트 관리지표 Framework 방향

❑ 연구주제와 목표를 고려한 특정평가 개념의 사업 평가제도 필요

❍ 동 사업에서 제시한 관리지표에 따라, 임무중심형 R&D의 경우 주제에 임무는 명확히 설정이 가능한 반면 확정적 지표 설정과 기존 성과지표를 제시 어려움

❍ 따라서, 동 사업에서는 관리지표는 센터의 평가지표로 활용하되, 책임PM의 역할 부문 즉, R&D 결과에 따른 지표는 현 특정평가제도를 활용하여 연구주제와 목표에 따라 구분하여 평가가 필요

❍ R&D유형 또는 목적에 따라 평가방식을 다양한 관점에서 면밀히 분석하는 특정평가 방식이 동 사업에 적합할 것으로 판단됨



* 점선상자는 다른 유형의 R&D에 비해 적용이 '제한적'이라는 것을 의미
* 출처: 국가연구개발사업 특정평가 체계화 방안 연구, 고영수, 2022

<그림 5-7> 평가목적에 R&D유형에 고려한 특정평가 추진 프레임워크: 사업단위

< 한계도전 R&D 사업관리 Challenge 포인트 >

국가연구개발사업 특정평가 체계화 방안 연구 보고서의 시사점 및 결론 中 일부 내용

▻ *R&D 분야에서 효과성 검토가 어렵고, 사실 효과성은 사업수행자가 재정지원의 정당성을 유지하기 위해 필요한 평가기준이다. 또한 성과평가와 예산과의 직접연계는 논리적으로 연결되기 어려우며, 성과평가는 예산배분 과정에서 참고할 수 있는 성과정보를 제공해 주는 게 그 역할이라 할 수 있다. 국가연구개발사업 성과평가에 적용되는 논리모형은 소위 '선형모형'과 상당히 유사한데, 선형모형은 여러 가지 한계점을 가지고 있다. 특히 '새로운' 임무지향 R&D는 시장기제를 통한 문제해결의 한계를 극복하기 위한 R&D임을 고려한다면, 상업화를 지향하는 R&D 선형모형은 그 한계가 더욱 뚜렷해진다*

❑ 책임PM이 도출하는 R&D 성과는 기존 체계에서 요구하는 양적·질적 성과평가지표 설정에 한계에 대한 대안적 관점에서 평가방안을 제시함

❍ 평가제도와 정책을 증거기반으로 운영하기 위한 기초자료로 평가에 대한 평가(즉, 메타평가)가 필요함

❍ 평가항목별 평가자간 점수의 분포 및 변별력을 중심으로 평가

- 즉, 평가자 특성(세부전공이나 연구 경력 등 특성, 연령이나 성별 등의 인구통계적 특성), 평가자와 피평가자의 관계 특성(전공 유사도, 교육기관 유사도 등), 기타 특성 등을 정의하여 평가항목별 타 평가자와의 차이, 평가별 차이 등을 종합적으로 분석

❍ 분석 포인트가 될 평가자 및 피평가자 특성, 평가자체의 특성 등을 변수화해 분석할 수 있도록 자료를 준비해야 함

❍ 메타평가 결과는 초기에는 분석적 용도로만 활용하며 평가 특성에 대한 전반적 이해를 심화시킬 필요가 있음

- 또한, 메타평가 결과, 특정한 평가 특성이 알려질 경우 이에 따른 평가자의 행동변화(평가의 보수화 또는 평가자 간 차이의 무력화 등)를 초래할 수 있는 가능성도 있음

➡ 센터는 설정된 서지분석 DB를 만들어 관리하는 것을 통해 연구분야의 양적비교 데이터를 이용 연구사업 분야의 질적 평가 참고사항으로 활용

2 성과지표 설정 방안

❑ 동 사업은 연구 주제별, 과제별 내용과 목표에 따른 성과지표 설정 필요

❍ 명확한 임무 설정과 문제해결 방안 도출을 통하여 과제 기획 시부터 과학기술적 성과지표에 대한 도전적인 목표치 설정이 필요

- 연구개발의 성과는 기존의 양적 성과평가 지표체계에서 벗어난 질적 평가 위주의 관점에서 창출 성과의 파급력 위주로 도출하여야 함

❑ 센터의 운영 측면의 관리 관점과 R&D 기획-성과 창출 관리 측면으로 구분

❍ 기획절차 및 수행단계로부터 이어지는 성과창출 단계까지 관리지표를 세분화

❍ 세분화된 지표는 사업운용측면, 관리측면으로 분리하여 각각의 프로세스별로 지표(지수)화 하여 관리 가능

- 지표는 추후 사업평가 및 관리, 감사에서 활용될 수 있을 것으로 판단됨

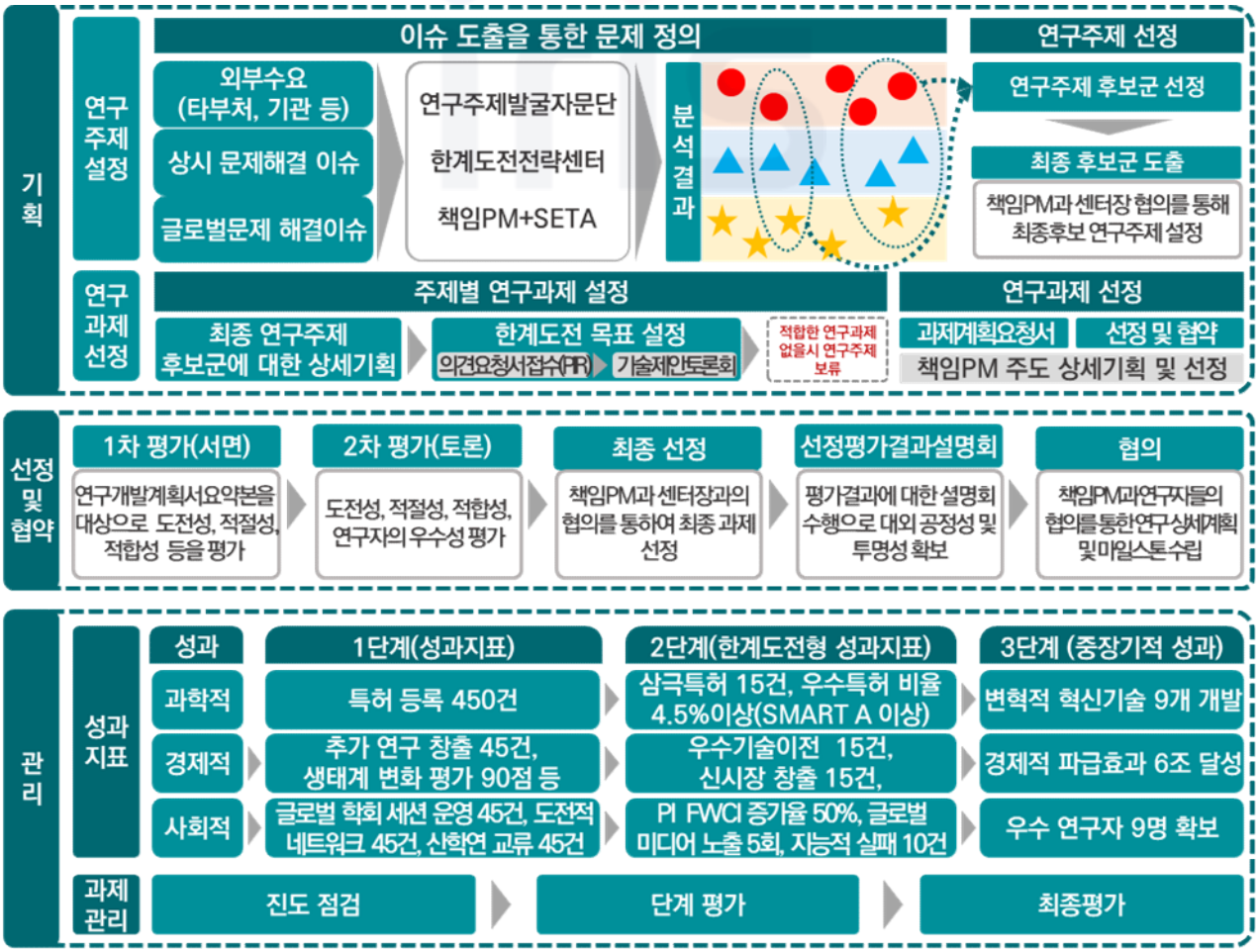
❑ 책임PM 주도하에 실패를 용인하고 연구과제별 결과가 아닌 연구 과정에 대한 중시하는 성과지표 도출 및 활용 필요

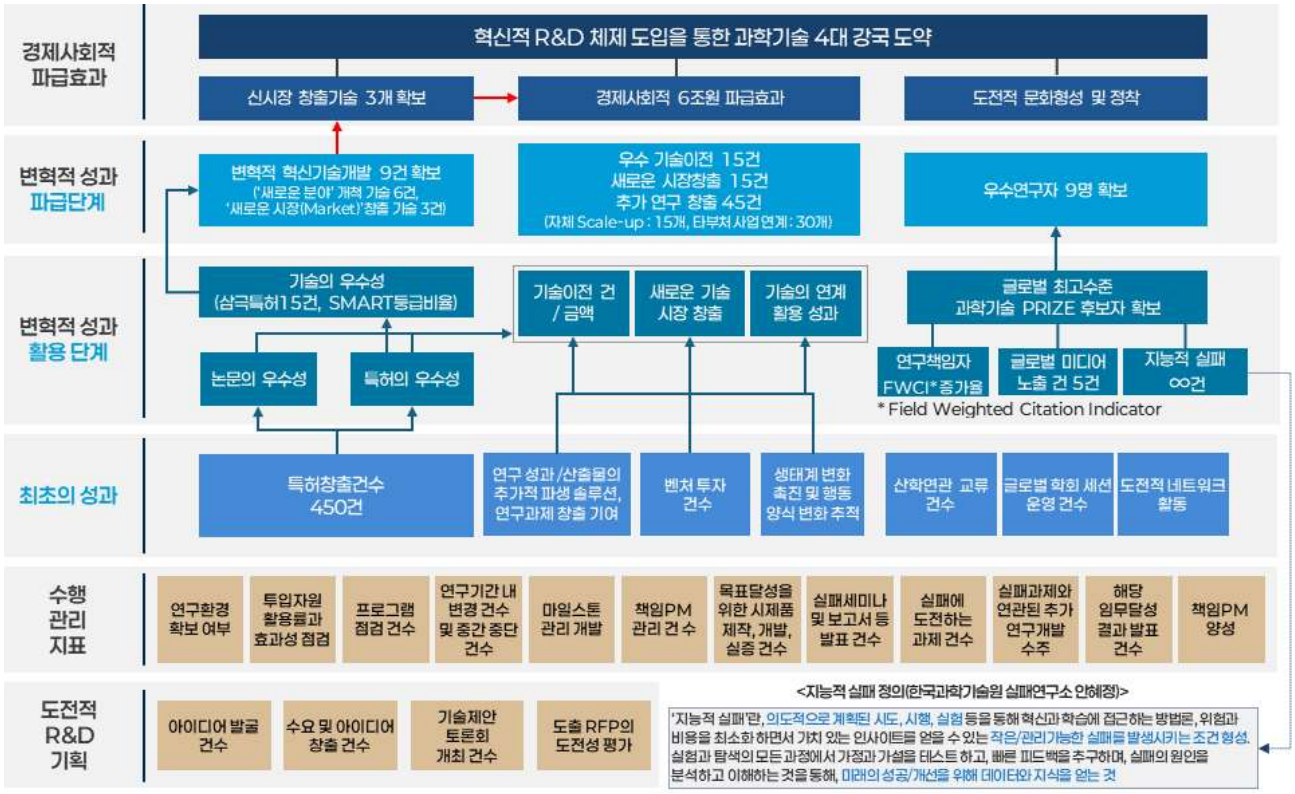
❍ 동 사업 목표 달성을 위한 성과 지표 설정

<표 5-47> 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정

사업 비전	혁신적 R&D 체계 도입을 통한 과학기술 4대 강국 도약

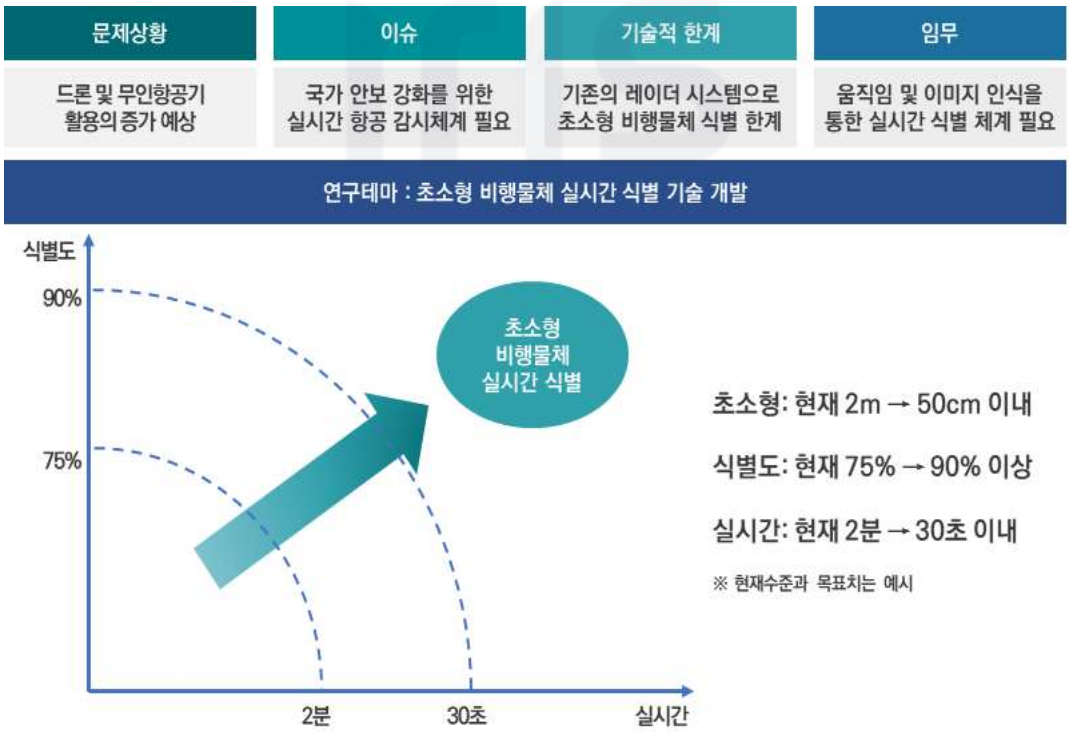
구분	최초의 성과	변혁적 성과 활용 단계	변혁적 성과 파급단계
과학기술적 성과	특허 창출 건수	기술의 우수성 (삼극특허 건수 / 우수특허 비율)	변혁적 혁신기술 창출
경제적 성과	추가연구 창출 건수	우수 기술이전 건수	파급효과 발생 금액
	생태계 변화 촉진 점수	新 기술시장 창출	
도전적 연구 문화	네트워크 구축 건수	연구책임자(PI) FWCI 증가율	우수 연구자 확보 건수
	산학연 교류 활동 건수	지능적 실패 건수	
	글로벌 학회 세션 운영 건수	글로벌 미디어 노출 건수	





<그림 5-8> 한계도전R&D프로젝트 관리지표 Framework 설정(안)

❍ 책임PM의 문제 정의에 따른 임무 및 목표에 대한 개별적 성과지표 도출이 필요



<그림 5-9> 연구목표 도출에 따른 도전적·혁신적 R&D 성과지표 도출(예시)

❑ 성과지표를 위한 관리지표 도출(안)

❍ 사업 목표 달성을 위해 상호보완적인 지표 수립이 필요

- 동 사업을 특성을 반영하기 위해서는 기획과정부터 R&D 수행, 결과 성과지표까지 종합적인 관리성과지표 도출이 필요함
- 책임PM은 한계를 뛰어넘는 변혁적 기술개발을 목표로 First-Mover로의 과학기술 전환을 위한 성과관리지표 도출
- 센터는 R&D 체계 혁신을 목표로 하는 도전적 연구문화 정착을 위한 성과관리 지표 도출

<표 5-48> 성과 관리를 위한 지표 도출(안)

성과	목표	성과지표	주요 내용	비고
기획	도전적/혁신적 아이디어 도출	기술제안 토론회 개최 건수	• 동 사업 추진을 위해 수행되는 기술제안토론회(Proposal Day) 개최 건수로 산학연 의견 수렴 노력 및 정도 파악	책임PM
		아이디어 발굴 건수	• 동 사업 추진·기획에 있어 미래에 영향력이 높을 것으로 예상되는 혁신적 아이디어 도출 건수	책임PM
		수요 및 아이디어 창출 협의 건수	• 기술수요 및 현장에서의 아이디어 창출 등을 수용한 협의 건수	책임PM
		제안 RFP 작성 건수	• 책임PM의 RFP 작성을 통한 사업의 완만한 추진 파악 수행	책임PM
		발굴 주제의 과제화 비율	• 책임PM의 도출과 현장 의견수렴을 통한 가능성 여부의 비율 정도를 파악하여 도전적인 아이디어 창출 여부를 파악 기술제안토론회 및 RFP 도출로 이어진 주제 건 수 / 연구 분야(임무) 달성을 위해 도출한 연구 주제 건 수	책임PM
		평가결과 합의 건수	• 과제계획요청서를 통해 구체화된 연구과제에 대해 책임PM, 자문단 등과의 확정 합의 건수	책임PM
		결과 미수용에 따른 재공고, 재선정 건수	• 책임PM과 연구현장, 자문단 간의 연구분야 및 주제에 대한 의견 충돌 등으로 인하여 재실시되는 RFP 작성 및 선정 파악으로 연구 준비의 미진 여부를 판단	책임PM
		아이디어 창출·평가 결과까지의 기간별 점수 부여	• 완만한 과제 수행 여부 판단을 위하여 책임PM의 아이디어 창출~결과까지의 기간을 파악하여 사업 진행 정도 파악	책임PM

성과	목표	성과지표	주요 내용	비고
수행	임무 달성을 위한 현황 파악	마일스톤 관리 개발	• 연구개발을 위하여 정해진 기간 내 달성 가능한 마일스톤 설정 여부 판단	책임 PM
		프로그램 점검 건수	• 책임PM와 연구자 사이의 의사소통 및 목표 달성을 위한 끊임없는 소통 파악을 위한 점검 건수 확인	책임 PM
	임무 달성을 위한 산학연 협력	목표 달성을 위한 글로벌 협력 건수	• 임무(목표) 달성을 위한 글로벌 협력 건수 파악	센터
		산학연관 지식 교류 촉진 건수	• 임무 및 연구주제 관련 지식 교류를 위한 세미나, 공청회 개최 및 학회 참여 건수 파악	책임 PM
		지식교류를 위한 네트워크 구축 건수	• 해당 분야 연구현황 파악 및 지식 교류를 위한 협의회 구축 및 플랫폼 구축 파악	센터
	임무 달성 파악	해당 임무달성 건수	• 과제의 목표 달성 여부 파악 및 주요 마일스톤 달성 여부 파악	책임 PM
		목표달성을 위한 시제품, 제작, 개발, 실증 건수	• 임무 달성을 위해 추진되는 시제품, 제작, 개발, 실증 등의 건수 파악	책임 PM
	실패에 도전하는 유연한 연구환경 조성	연구기간 내 변경 건수 및 중간 중단 건수	• 대내외 환경 변화 대응 여부 등을 판단하기 위하여 연구기간 내 Pivoting 건수를 파악	책임 PM
		실패세미나 개최 및 실패보고서 발표 건수	• 목표 달성에 실패한 연구과제 및 대내외 환경 변화로 인하여 중단된 연구과제 등을 중심으로 관련 세미남 및 보고서 발표 수행	센터
		실패과제와 연관된 추가 R&D 수주 건	• 당초의 연구목적에는 도달하지 못하였으나, 추가적인 과제를 통한 새로운 연구를 수행하는 R&D 건 수 파악 * 추가 R&D 수주를 통하여 연구의 학계 영향력 파악	센터
		책임PM 관리 건	• 사업 추진에 있어 행정적 부담을 최소화하기 위하여 책임PM의 활동 여부에 세부적이 진척도 파악 및 보고서 진행 여부 등이 아닌 예산 집행율 및 연구 수행 여부 등만을 관리 수행	센터
		투입자원의 활용률과 효과성 점검	• 투입 자원(인력, 예산 등)등이 적절하게 활용되고 있는지 여부를 판단 ① 기술료수입/R&D 지출 ② 해당 분야 투입예산 대비 기술성장 기여도 ③ 투자효율성: 투자 증가시 얻는 생산성 증가율	센터

성과	목표	성과지표	주요 내용	비고
	책임PM 양성	책임PM 양성을 위한 도전	• 도전적 아이디어를 도출할 수 있으며, 사업의 기획-수행-성과 등 전주기적 관리를 수행 할 수 있는 역량을 지닌 책임자 양성 건 수 파악 및 PM달성률 (∑책임PM수÷∑교육수료자 수)×100 • H-index 및 네트워크분석 변화 측정(사업 참여연도 분석결과와 수행, 종료 단계에서 재측정을 통해 평가	센터
최초 수행 결과 지표	논문의 우수성	논문 발표 건수	• 동 사업을 통해 창출되는 논문 개수 파악 $\frac{\text{해당 분야에서의 동 사업 논문 성과 개수}}{\text{분야별 국내 논문 개수}}$	책임 PM
		글로벌 학회에서의 발표 건수	• 글로벌 학회에서의 논문 발표 및 세계적 학술지에 논문 게재 등 논문 발표 여부 파악	책임 PM
		논문의 영향력	$\frac{\text{분야별 동 사업 발간 논문의 기준년도 대비 인용 수 증가율}}{\text{분야별 세계 최고 수준 논문의 기준년도 대비 인용 수 증가율}}$ * (세계 최고 수준 논문) 해당 기술 분야 최근 5년 내 발간 논문 중 인용도 수가 가장 많은 논문	책임 PM
		성과 영향력 파악	• [Altmetric Attention Score] 인용을 통한 성과 영향력 분석 • AI 기반 학술DB인 DIMESIONS에서 제공하는 논문이나 연구가 언론, 소셜 미디어(트위터 등), 정책 문서, 블로그 등 온라인 플랫폼에서 얼마나 주목받고 있는지를 측정하는 지표 • 연구의 온라인 가시성과 영향력을 나타내며, 전통적인 학술 인용 외 다양한 맥락에서 연구의 영향을 평가하는 데 도움이 될 수 있음	책임 PM
	연구자 역량 제고	연구자 역량 향상 평가 (H-index)	• 동 사업을 통해 연구자 역량 향상 평가 $\frac{\text{참여 연구책임자의 기준년도 대비 h-인덱스 증가율}}{\text{최상위 연구자의 기준년도 대비 h-인덱스 증가율}}$ * (기준년도) 연구책임자의 사업 참여 년도	센터
	특허의 우수성	특허 출원/등록 건수	• 동 사업을 통해 창출된 특허의 출원/등록 건수 ∑특허 출원 건수, ∑특허 등록 건수	책임 PM
		상위 특허 비율	• ① 동 사업을 통해 창출된 전체 특허의 해외 출원/등록 특허 비율 • ② 동 사업을 통해 창출된 전체 특허 중 SMART A 등급 이상 비율 • ③ 동 사업을 통해 창출된 전테 특허 중 K-PEG A2 등급 이상 비율	책임 PM
	시제품의 기술 진보성 (기술수준)	기술 진보성 평가	• 분야별 시제품의 기술 진보성(0~1)의 평균치 • (기술진보성) 현재 상용화된 제품 대비 개발기술 및 시제품의 기능, 성능 상의 탁월성을 의미. 적용된 기술의 혁신성, 원천기술 적용에 따른 기존 기술 및 제품의 한계돌파 여부로서 현재 상용화된 세계 최고 수준 기술 및 제품 대비 기술수준. • (측정방법) 시제품 및 실증 결과 등을 바탕으로 전문가 정성평가	책임 PM

성과	목표	성과지표	주요 내용	비고
	기술의 우수성	기술이전 현황을 통한 개발 기술의 영향력 파악	• 동 사업을 통해 개발된 기술의 영향력 파악 • ①: 기술이전을 통한 사업화 발생 건수 / 민간 기업으로의 전체 기술이전 건 수 • ②: 기술이전 기업의 전체 매출액 / 기술이전 금액 • ③: 기술이전 기업의 전체 매출액(내수*0.3+수출*0.7) / 기술이전 금액	책임 PM
	임무 달성	해당 분야 현안 해결	• 연구분야 최종 목표 달성율 파악 • 분야별 연구과제의 목표 달성율 파악을 통하여 연구분야의 최종 목표 달성율 및 연구과제의 기여도 파악	책임 PM
	성과의 연구계 파급력	기술의 연계 활용 성과	• 동 사업의 기술이전 등을 받은 기업이 후속 펀딩 유치한 성과 • ∑(민간 벤처 투자 유치 금액+정부 출연 투자 유치 금액(기업) / 스타트업 평균 벤처 투자 유치 금액 * (기준) 동 사업 창출성과 활용 및 사업 시작년도 평균 사용	센터
		벤처투자건수	• 동 사업을 통해 진행된 연구 주제 관련 후속 및 연계적인 사업 추진을 위한 벤처 투자 금액 파악 $\frac{\text{동 사업을 통한 해당 분야 벤터 투자 금액}}{\text{해당 분야 전체 벤처 투자 금액}}$	센터
		파생 연구과제 도출 수	• 동 사업을 통해 진행된 연구 주제 관련 후속 및 연계적인 파생 과제 건수 파악	책임 PM
중/장기적 성과	국가사회적 현안 해결 및 글로벌 시장 경쟁우위 확보	해당 분야 시장 지배력	• 동 사업 참여 기업의 시장 점유율 향상도의 평균 활용 $\frac{\text{분야별 동 사업 참여기경븨 글로벌 시장 점유율 합계(\%)}}{\text{분야별 글로벌 TOP 3 기업의 글로벌 시장 점유율 합계(\%)}}$	책임 PM
		기술패권 확보 (기초/원천 핵심기술 확보 건수)	• 동 사업을 통해 글로벌 기술 패권 경쟁우위 선점 여부 파악 ① 글로벌 최고 기술 보유 수 ③ 미래 핵심기술 보유 수	책임 PM
		관련 분야별 최상위 목표 달성 기여도	• 국가 최상위 목표 달성에 있어 동 사업을 통해 해결된 사항을 판단하고 달성 기여도 산출	책임 PM
		정책 등 반영 활용도	• 동 사업의 사회적 영향력 파악 • (∑(당해연도 정부정책반영건수)/∑(직전년도 정책제안건수))×1.0+(∑(당해연도 설계기준·지침반영 건수)/∑(직전년도 설계기준·지침제안 건수))×0.6	책임 PM
		생태계 변화 촉진 및 행동 양식 변화 추적	• 참여 연구자 만족도 조사 등을 통해 동 사업이 산학연 연구문화 및 기술에 끼친 영향력 파악 • 동 사업의 연구과제 참여자 및 수혜자 등을 대상으로 리커트 척도 5구간 척도로 조사	책임 PM

① 1단계 성과지표 설정

❶ 특허 창출 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 국내에서 창출되는 특허 수는 총 450건으로 설정

❍ (설정근거) 연구과제 당 핵심특허 1건 및 보조특허 1~2건(평균 1.5건)을 출원하여 등록한다는 전제 하에 180개 연구주제에 대해 총 450건 등록 (2.5건/과제×180과제 = 450건)

* 22년도 정부 R&D 등록특허 생산성(R&D 투입비용 10억 원당 등록특허 건수)은 0.63이며, 한국연구재단 국책연구사업의 연구개발비(연구활동+연구인프라) 10억 원당 국내 특허등록은 0.67건임을 고려할 때 본 사업의 경우 0.73건으로 도전적인 목표임.

❍ (측정방법) 측정년도 말까지 완료된 등록 특허 수를 파악

❷ 추가 연구 창출 건수

❍ (목표) 사업 과제의 핵심 성과물을 대상으로 후속 연계되는 파생 연구과제는 총 45개로 설정

❍ (설정근거) 동 사업 동안 지원되는 연구주제의 수는 총 45개인 바, 각 연구주제별로 사회·경제적 파급효과를 가시화할 수 있는 후속 연계과제를 1개씩 창출

* 직접 비교는 어렵지만 중기부 R&D기획지원사업의 후속과제 선정률 (18년 13.8%), 팁스과제-스케일업 팁스로의 연계율 45.1%임 등을 고려할 때, 후속연계과제 45개의 목표치는 동 사업의 전체 지원과제 수 대비 25%에 해당하는 바, 적정한 목표치로 판단함.

❍ (측정방법) 해당 연구주제 관련 과기부, 타부처의 후속 연계사업 파악

❸ 생태계 변화 촉진 정도

❍ (목표) 동 사업 참여자들의 사업 참여 만족도가 90점 이상을 유지하도록 목표치 설정

❍ (설정근거) 최근 2년('20~'21년) 국가 R&D 사업 중간평가 대상 사업의 만족도 조사 결과 평균 80.7점의 사업 참여자 만족도를 기록한 것을 고려

❍ (측정방법) 리커트 5점 척도 측정 후 100점 기준으로 환산하여 전체 평균값을 측정

❹ 네트워크 구축 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 동안 도전적 연구문화 확산을 위한 책임PM 중심의 네트워크 구축 건수는 총 45건으로 설정

❍ (설정근거) 사업 기획 및 관리, 수행에 필요한 지식교류 협의회 및 플랫폼 구축은 자유롭고 도전적인 연구문화 정착에 도움이 됨에 따라, 책임PM을 통한 분야별 연구자 네트워크 구축, 교류를 지표로 설정하여 연구주제 당 1건씩 총 45개의 네트워크 구축

❍ (측정방법) 네트워크 목록 및 참여자 명단

❺ 산학연 교류 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 동안 책임PM은 사업 전(全)주기(기획-선정-최종)에 거쳐 총 135건의 산학연 교류를 실시하는 것을 목표로 설정

❍ (설정근거) 책임PM의 사업운영에 있어 방향성 수정 및 해당 분야 현장 의견수렴 등을 위한 산학연 교류는 필수적으로 수행되어야 하므로 연구주제 당 3회의 산학연 교류를 실시하여 총 135건을 수행하는 것으로 설정

- 기획단계 : 의견요청서(PIR)-기술제안토론회 총 45회 개최
- 선정평가 : 선정평가결과 설명회 총 45회 개최
- 최종평가 : '연구성과공유회' 총 45회 개최

❍ (측정방법) 책임PM 연구활동 공유를 통한 참여 현황 파악

❻ 글로벌 학회 세션 운영 건수

❍ (목표) 동 사업 기간 동안 책임PM의 글로벌 학회 세션 운영 건수를 총 45건으로 설정

❍ (설정근거) 도전적 연구문화와 동 사업의 성과 홍보를 위해 해당 연구주제 관련 국내외 연구자들이 참여하는 글로벌 학회 위성 세션을 연구주제 당 1건씩 운영하는 것으로 하여 총 45건으로 목표 설정

❍ (측정방법) 글로벌 학회에서 책임PM이 조직한 세션 숫자

가. 1단계 성과목표 및 지표

1 단계별 성과목표

단계별 성과목표					
성과목표-1	과학기술적 성과 창출	가중치	40%	설정 근거	-
성과목표-2	경제적 성과 창출	가중치	30%	설정 근거	-
성과목표-3	글로벌, 사회적 성과 창출	가중치	30%	설정 근거	-

2 성과지표

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과유형	지표유형	질적지표	성과지표 설정 사유
성과목표-1	과학기술적 성과 창출	40%	특허 창출 건수	건	450	과학적	산출	-	◦ 특허는 본 사업의 기술적 성과를 파악하기 위한 성과 지표로 활용되기에 적절
성과목표-2	경제적 성과 창출	30%	추가 연구 창출 건수 (후속 투자 건수)	건	45	경제적	산출	-	◦ 본 사업의 성과가 과학기술적으로 높은 파급력을 가진 기술임을 확인 할 수 있는 지표 ◦ 본 사업을 통해 창출되는 혁신적인 기초·원천 기술 또는 연구 과정에서 도출된 성과의 산업계 확산 여부를 판단
			생태계 변화 촉진 (사업 만족도 조사)	점	90	경제적	산출	○	◦ 제도로서 뒷받침되는 도전적 R&D는 한계도전 R&D 프로젝트가 처음이므로, 본 사업을 통해 실패를 용인하고, 한계에 도전하는 연구문화의 정착 정도를 연구자 행동양식 변화 추적을 통해 파악하기 위한 지표임
성과목표-3	글로벌, 사회적 성과 창출	30%	네트워크 건수	건	45	사회적	산출	-	◦ 본 사업은 세상에 없던 원천기술을 연구개발하기 위한 사업으로 대내외 환경변화에 대응하고 해당 분야 최신 기술 파악을 통한 과제 반영이 중요함에 따라 이해관계자 네트워크 활동을 통한 사업추진이 필요
			산학연 교류 건수	건	135	사회적	산출	-	◦ 본 사업은 산업계, 연구계에 높은 파급력을 지닌 성과 창출을 목표로 함에 따라 임무 및 연구주제 등 연구 방향에 대한 수요 파악이 필요함에 따라, 해당 분야 지식을 교류하는 활동 촉진 건수 파악이 필요
			글로벌 학회 세션 운영 건수	건	45	사회적	산출	○	◦ 본 사업의 성과가 기존의 한계를 넘어서 세상을 변화시킬 수 있는 원천기술이라면 글로벌 학회 발표를 통해 관련 분야 연구자들에게 공개될 것임

3 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
특허 창출 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 전체 특허 성과를 예상하여 목표치로 설정 ◦ 설정근거 : `22년 정부 R&D 사업의 등록특허 생산성은 0.63이며 한국연구재단 연구개발비의 생산성인 0.67임을 감안하여 도전적인 0.73(건/10억 원)으로 설정하여 본 사업 연구개발비를 대입	◦ 측정산식 : 본 사업 진행을 통해 창출되는 특허 건수의 합 ◦ 측정방법 : 본 사업을 통해 국내에서 창출된느 특허 건수를 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
추가 연구 창출 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 본 사업을 통해 창출되는 기초·원천기술 성과가 사업화로 이어지기 위하여 수행되는 후속 연구과제는 기술의 혁신성을 파악하기 좋은 지표로 중기부 R&D기획지원사업의 후속과제 선정률은 `18년 13.8%, 팁스과제-스케일업 팁스로의 연계율 45.1%임을 고려하여 본 사업 후속 연계사업 건수의 목표치를 선정	◦ 측정산식 : 본 사업 진행 과제의 연구 주제를 대상으로 후속되거나 연계되는 파생 연구과제 건수의 합 ◦ 측정방법 : 해당 연구주제 관련 과기부, 타부처의 후속 연계사업 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
생태계 변화 촉진	◦ 설정방법 : 유사사업 및 정부지침을 고려하여 90점 이상을 유지하는 것을 목표치로 선정 ◦ 설정근거 : `20~'21년 국가R&D사업 중간평가(상위평가) 대상사업을 대상으로 만족도 목표치를 조사한 결과 평균 80.7점 수준으로 나타남	◦ 측정산식 : 사업 참여자 만족도 점수의 전체 평균값 ◦ 측정방법 : 본 사업에 참여하는 전체 인원(평가위원, 참여연구원 등)을 대상으로 사업 참여 만족도 조사를 수행하고 점수의 평균을 조사 ➜ 리커트 5점 척도 측정 후 100점 기준으로 환산하여 전체 평균값을 측정 매우 불만 / 불만 / 보통 / 만족 / 매우 만족 20 / 40 / 60 / 80 / 100 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
네트워크 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 책임PM의 수행예정 연구활동을 반영하여 설정 ◦ 설정근거 : 사업 기획 및 관리, 수행에 필요한 지식교류 협의회 및 플랫폼 구축은 자유롭고 도전적인 연구문화 정착에 도움이 됨에 따라, 책임PM을 통한 분야별 연구원 네트워크 구축, 교류를 지표로 설정하여 목표 설정	◦ 측정산식 : 해당 분야 연구현황 및 지식 교류를 위해 협의회 조성 및 플랫폼 구축 건수의 합 ◦ 측정방법 : 책임PM의 연구활동 공유를 통한 교류 현황 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
산학연 교류 촉진 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 책임PM의 수행예정 활동을 반영하여 설정 ◦ 설정근거 : 책임PM의 기획에 있어 방향성 수정 및 해당 분야 현장 의견수렴을 위한 산학연 교류는 필수적으로 수행되어야 함에 책임PM의 활동을 고려하여 산학연간의 교류건수를 목표로 설정	◦ 측정산식 : 임무 및 연구주제 관련 지식 교류를 위한 세니마. 공청회, 학회 등의 책임PM의 참여 건수의 합 ◦ 측정방법 : 책임PM 활동 공유를 통한 참여 현황 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
글로벌 세션 운영 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 책임PM의 수행예정 활동을 반영하여 설정 ◦ 설정근거 : 본 사업은 대내외 환경변화와 기술개발 현황에 민감하게 대응하여 세상에 없는 변혁적 기술 개발을 목표로 함에 따라 글로벌 학회에서의 동향 파악 및 연구 사항 발표는 과제의 혁신성을 확인할 수 있는 지표임에 목표 설정	◦ 측정산식 : 창출 성과 및 연구 사항 등을 해당분야 글로벌 학회에서 발표한 건수의 합 ◦ 측정방법 : 책임PM의 활동 공유를 통한 발표 현황 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

② 2단계 성과지표 설정

❶ 특허의 우수성

❶-1 삼극특허 건수

❍ (목표) 동 사업 동안 삼극특허 목표 건수는 15건으로 설정

❍ (설정근거) 책임PM 1인당 1개의 삼극특허 확보

* 최근 5년(`18~`22) 동안 기초단계 연구개발사업 예산 투자 대비 삼극특허 창출은 1,000억 당 2.4건, 전체 정부 R&D 사업의 경우 1,000억 당 1.6건으로 산출되는 것을 고려하면 동 사업의 목표치는 1,000억 당 2.5건으로 다소 도전적인 목표임

<표 5-49> 천억 원당 삼극특허 생산 건수

사업명	삼극특허(추정)	투입대비(천억 원당)
전체 R&D (`17~`21년 성과)	1,908건	1.6개
기초연구 (`17~`21년 성과)	606건	2.4개
산업기술 알키미스트 프로젝트 (계획)	12건	2.9개
▼		
한계도전 R&D 프로젝트	15건	2.5개

❍ (측정방법) 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허를 조사

➡ 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO), 일본 특허청(IPO) 특허출원 또는 등록증 (산업적 지형을 고려하여 삼국특허를 제조기반이 있는 나라(중국, 대만)을 포함하여 정의할 수 있음)

❶-2 우수특허 비율

❍ (목표) 동 사업을 통해 창출되는 특허의 등록까지 일반적으로 3년이 걸린다는 것을 고려하여 사업추진 4년차부터 목표치를 4.5%로 설정하고 연평균 2%씩 성장하는 것으로 설정

구분	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차
목표 비율	4.5%	4.59%	4.68%	4.78%	4.87%	4.97%	5.07%

❍ (설정근거) 정부 R&D 국내 특허성과의 우수특허 비율은 '22년 4.5%이며 본 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 년차에 따라 우수특허의 비율이 상승하도록 비율을 산정

* 정부 R&D 국내 우수특허 비율*은 `20년(`16~`20년) 3.7%, `21년(`17~`21년) 4.3%, `22년(`18~`22년) 4.5%로 최근 3년 평균 4.2%이며, 동 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 4년차에 4.5%를 기준

❍ (측정방법) 당해연도 NTIS에서 검증된 특허등록 실적을 대상으로 SMART 질적지표 A등급 이상인 특허 측정

❷ 우수 기술이전 건수

❍ (목표) 동 사업 동안의 우수 기술이전 건수*는 15건으로 목표치 설정

* 우수기술이전 : 계약시 선급금 1억 원 이상인 기술이전

❍ (설정근거) 삼극특허의 경우 경제적 가치에 대한 기대가 높은 특허임을 고려하여 삼극특허가 우수기술이전으로 연계된다는 것을 전제로 삼극특허 목표건수를 우수기술이전 건수와 연동하여 설정

* 표준성과지표(6차)에서는 계약금 기준 5,000만 원 이상의 기술이전 금액을 우수 기술이전으로 설정하고 있으나 본 사업은 변혁적 성과창출을 위한 도전적 사업임에 따라 선급금 기준 1억 원 이상 기술이전 건을 우수 기술이전 건으로 설정함.

* 타 부처 유사사업인 알키미스트 프로젝트의 경우 우수 기술이전 금액을 계약금 기준 1억 원으로 설정하고 있는 바, 선급금 1억을 기준으로 삼고 있는 동 사업의 목표는 훨씬 도전적임.

❍ (측정방법) 해당년도 진행과제 및 성과활용현황 조사에 해당하는 과제를 대상으로 계약시 선급금 1억 원 이상인 기술을 파악

[참고] 동 사업의 기술이전

ㅇ '공공연구기관 국가연구개발사업의 기술이전 건수는 정부출연연 0.21, 대학 0.37, 국립연 등은 0.61인 점을 고려하여, 동 사업에서는 10억 원당 0.4의 기술이전이 있을 것으로 설정

ㅇ 동 사업 연구개발비(5,765억) 대비 230건의 기술이전이 창출될 것으로 예상되며 `14~`18년 동안 정부 R&D 특허를 포함한 기술이전 중 1억 원 이상의 계약은 상위 9.4%로 21건의 기술이 기술료 합계 1억 원으로 예상되나, 경제적 가치가 높을 것으로 기대되는 삼극특허가 선급금 1억 원 이상의 우수 기술이전으로 연계될 것을 전제하여 삼극특허와 같은 목표 건수로 설정

❸ 新 기술시장 창출 건수

❍ (목표) 사업 추진 이후의 창업, 민관 후속투자, 창업 건수 파악은 연구개발의 파급력을 파악하기 위한 사업화 성과지표이며 동 사업에서는 총 15건의 후속 투자유치 건수를 목표로 설정

❍ (설정근거) 동 사업의 책임PM은 변혁적 기술 확보를 통해 신 기술 시장을 창출하는 임무도 부여받고 있으므로, 책임PM 1인당 1건의 후속투자 유치를 목표로 설정

* 일본의 혁신도전형 사업인 ImPACT사업(총 사업비 5,268억원)은 사업 기간 중 또는 종료 후 15건의 후속투자를 유치한 바, 동 사업의 목표는 일본의 ImPACT 사업과 유사한 수준

❍ (측정방법) 본 사업을 통한 신시장 창출을 스핀오프, 창업기업 수를 포함한 후속투차 유치 건수의 합으로 계산

❹ 연구책임자(PI)의 FWCI 증가율

❍ (목표) 동 사업을 통해 연구책임자(PI)의 FWCI*(Field-Weighted Citation Impact) 향상율 50%를 목표로 함(단, FWCI 최대 목표는 2.4(상위 10%)로 설정)

* 해당 연구 분야, 논문 형태, 발표 연도에 따른 세계 평균 대비 피인용 비율(상대적 피인용 지수)로, 전세계 평균은 1이며, FWCI가 1.20인 경우는 전세계 평균대비 20% 더 인용된 것으로 해석

❍ (설정근거) 동 사업 연구참여자들의 도전적인 연구 수행에 따른 역량 및 영향력 향상이 예측됨에 따라, 연구책임자(PI)의 FWCI 증가를 기대

* (참고) FWCI 1.0은 상위 30%, FWCI 1.5는 상위 20%, FWCI 2.4는 상위 10%에 해당

❍ (측정방법) 본 사업에 참여한 연구책임자(PI)의 사업 참여 전 3년간 FWCI와 사업 종료 후 3년간의 FWCI를 측정하여, FWCI의 향상률을 측정

❺ 글로벌 미디어 노출 건수

❍ (목표) 동 사업 동안 글로벌 미디어 노출 건수 목표치를 5건으로 설정

❍ (설정근거) 과학기술계 글로벌 미디어에 본 사업의 성과가 게재되는 것은 혁신기술 실현을 파악할 수 있는 임팩트 있는 성과지표이자 매우 도전적인 목표로서, 연구 분야 당 1건씩 노출되는 것을 목표로 설정

❍ (측정방법) 동 사업 성과 중 과학기술계 글로벌 미디어(ureka Alert, ScienceDaily, Phys.org, SciTechDaily, Medical Xpress, Science News, New Scientist, BBC Science Focus Magazine, Reuters Technology News 등)에 게재된 누적 건을 측정

❻ 지능적 실패*(Intelligent Failures) 건수

* 새로운 영역에 도전할 때 발생하는 필수불가결한 실패로, 이를 통한 배움(Lesson-Learned)의 과정을 바탕으로 개인의 성장이나 조직의 발전을 촉진하는 '좋은 실패'를 의미

❍ (목표) 동 사업 기간인 10년 동안 실패 보고회(세미나) 등을 총 10회 실시하는 것으로 목표 설정

❍ (설정근거) 실패를 용인하고 도전하는 사업에서 실패 혹은 마일스톤 변경 관련 데이터 축적은 이후의 과제 실패를 반복하지 않도록 하는 경험적 자산이 되는 바, 매해 1회 씩 총 10회 실시하는 것을 목표로 설정

❍ (측정방법) 중단한 연구과제를 대상으로 연구 수행 과정에서 발생한 큰 변화(실패 상황에 대한 상세 설명, 대응 방식, Lesson-learned 등)에 대한 보고회 및 세미나 개최 건수를 파악

< 지능적 실패 >

- '지능적 실패'란 의도적으로 **계획된 시도, 시행, 실험** 등을 통해 혁신과 학습에 접근하는 방법론
- 위험과 비용을 최소화하면서 가치있는 인사이트를 얻을 수 있는 **작은/관리 가능한 실패를 발생시키는 조건 형성**
- 실험과 탐색의 모든 과정에서 가정과 가설을 테스트하고 빠른 피드백을 발생시키는 조건 형성
- 실패의 원인으 분석하고 이해하는 것을 통해, **미래의 성공/개선을 위해 데이터와 지식을 얻는 것**

* 출처 : 한국과학기술원 실패연구소, 안혜정

나. 2단계 성과 목표 및 지표

1 단계별 성과목표

단계별 성과목표					
성과목표-1	과학기술 우수성 확보	가중치	40%	설정 근거	
성과목표-2	창출 기술의 확산	가중치	30%	설정 근거	
성과목표-3	도전적 문화 형성	가중치	30%	설정 근거	

2 성과지표

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
성과목표-1	과학기술 우수성 확보	40%	삼극특허 건수	건	15	기술적	산출	-	◦ 삼극특허는 기술 특허를 주도하는 3개국(미국, 유럽, 일본) 특허기수에 모두 등록된 특허로, 특허의 질적 수준을 나타내는 신뢰성이 있는 지표
			특허의 우수성 (SMART A등급 비율)	%	4.5(4차년도) (매해 2%씩 증가)	기술적	산출	○	◦ SMART A 이상 등급의 특허는 혁신적 과학기술의 실현 여부를 판단할 수 있는 지표임로 특허의 질적 우수성 파악하기에 적합할 것으로 기대
성과목표-2	창출 기술의 확산	30%	우수 기술이전 건수	건	15	경제적	산출		◦ 본 사업을 통해 창출된 기술의 경제적 활용가치 파악과 산업적 파급력을 파악하기 위하여 기술이전 건수를 지표로 설정
			新 기술시장 창출	건	15	경제적	산출		◦ 민간 후속투자 건수는 창출 성과의 파급력을 파악할 수 있는 지표로 혁신기술임을 판별하기에 적합한 지표로 판단
성과목표-3	도전적 문화 형성	30%	연구책임자(PI) FWCI 증가율	%	50	과학적	산출		◦ 혁신적 · 도전적인 연구 수행에 따른 역량 및 영향력 향상이 예측됨에 따라, 연구책임자들의 능력 향상치 파악 필요
			글로벌 미디어 노출 건수	건	5	사회적	산출		◦ 본 사업의 성과를 직접적으로 체감 가능한 성과지표로, 본 사업에서 개발된 기술이 한계초월형 혁신기술이라면, 과학기술계의 주요 글로벌 미디어를 통해 노출되어야 함 ◦ 별도의 보도자료 배포 없이, 사업 성과가 글로벌 미디어에 노출되는 것은 매우 도전적임 목표임
			지능적 실패 건수	건	10	과학적	산출		◦ 본 사업은 실패를 용인하고 실패를 통한 연구과정의 축적으로 나아가는 사업임으로 미래의 성공을 위한 데이터와 지식 확보 건수 파악을 위한 지표 필요

3 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
특허의 우수성 (삼극특허 건수)	◦ 설정방법 : 본 사업은 한계를 도전하는 연구개발 사업임을 감안하여 10억 원당 0.025개의 도전적인 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 최근 5년(`18~`22) 동안 기초단계 연구개발사업 예산 투자 대비 삼극특허 창출은 10억 당 0.024건, 전체 정부 R&D 사업의 경우 10억 당 0.016건으로 산출	◦ 측정산식 : 연도별 삼극특허 등록 건수의 합 ◦ 측정방법 : 특허등록에 시일이 걸리는 것을 고려하여 해당년도 진행과제 및 성과활용현황조사 대상 과제를 기준으로 삼극특허 건수 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
특허의 우수성 (우수특허 비율)	◦ 설정방법 : 특허 등록까지의 시간이 소요됨을 고려하여 사업 추진 4년차부터 목표치를 4.5%로 설정하여 연평균 2%씩 성장하는 것으로 설정 ◦ 설정근거 : 정부 R&D 국내 특허성과의 우수특허 비율은 `22년 4.5%이며 본 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 총 특허 성과 중 우수특허 비율을 산정	◦ 측정산식 : 본 사업을 통해 창출된 우수특허의 비율 측정 ➜ ∑SMART AAA~A 등급 특허 건 /∑수행연도 특허등록 건 ◦ 측정방법 : 당해연도 NTIS에서 검증되 특허등록 실적을 대상으로 SMART 질적지표 A~AAA 등급의 특허 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
우수 기술이전 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 표준성과지표(6차) 5,000만 원 이상의 기술이전 금액을 우수 기술이전으로 설정하고 있으나 본 사업은 변혁적 성과창출을 위한 도전적 사업임에 따라 계약금 1억 원 이상의 기술이전 건을 우수 기술이전 건으로 설정	◦ 측정산식 : 본 사업을 통해 창출된 성과를 타 기관(대학, 연구소, 기업 등)에 이전 시의 계약 금액이 총 1억 원 이상인 기술 건수의 합 ◦ 측정방법 : 해당년도 진행과제 및 성과활용현황 조사에 해당하는 과제를 대상으로 계약 금액의 총 합계가 1억 원 이상인 기술을 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
新 기술시장 창출	◦ 설정방법 : 본 사업 추진 이후의 창업, 민·관 후속투자, 스핀오프 건수 파악은 연구개발의 파급력을 파악하기 위한 사업화 성과지표로 책임PM 당 1건인, 총 15건으로 산정 ◦ 설정근거 : 일본의 ImPACT사업은 사업 기간 중 또는 종료 후 15건의 후속투자를 유치하여 10억 원당 0.028건으로 산출	◦ 측정산식 : 본 사업을 통한 신시장 창출을 스핀오프, 창업기업 수를 포함한 후속투자 유치 건수의 합으로 계산 ➜ ∑(연도별 스핀오프 + 민관 후속투자 유치 + 창업기업 수) ◦ 측정방법 : 해당년도 진행과제 및 성과활용현황조사 대상 기준 연도별 후속 투자유치 건수를 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
FWCI 증가율	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 본 사업 참여자들이 도전적인 연구수행에 따른 역량 및 영향력 향상이 예측됨에 따라, 해당 분야에서의 연구자 역량 향상 정도 확인 필요	◦ 측정산식 : ScoPus, SciVal, DRIMS 등을 통하여 연구자의 FWCI를 파악 ◦ 측정방법 : 연구원들의 사업 참여년도를 기준으로 3년 전 FWCI와 3년후의 FWCI를 비교하여 향상율을 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
글로벌 미디어 노출 건수	◦ 설정방법 : 사업의 추진분야 당 최소 1번의 글로벌 미디어 노출을 목표로 5건을 설정 ◦ 설정근거 : 과학기술계 글로벌 미디어에 본 사업의 성과가 게재되는 것은 혁신기술 실현을 파악할 수 있는 임팩트 있는 성과지표이나, 매우 도전적인 목표임	◦ 측정산식 : 사업 수행년도부터 누적되는 글로벌 미디어 노출 건수의 합 ◦ 측정방법 : 본 사업 성과 중 과학기술계 글로벌 미디어(ureka Alert, ScienceDaily, Phys.org, SciTechDaily, Medical Xpress, Science News, New Scientist, BBC Science Focus Magazine, Reuters Technology News 등)에 게재된 누적 건을 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
지능적 실패 건수	◦ 설정방법 : 실패를 반복하지 않고 실패 과정에서의 데이터 축적을 위한 보고서, 세미나 등의 개최 및 참석, 발간 건수를 파악 ◦ 설정근거 : 실패를 용인하고 도전하는 사업에서 연구 과정	◦ 측정산식 : 사업의 실패 데이터를 누적할 수 있는 실패 보고서, 실패 설명회 등의 당해연도 연구 실패과정 설명 건수의 합 ◦ 측정방법 : 중단, 실패한 연구과제를 대상으로 작성된 보고서 및 세미나 발표 건수 파악 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

③ 3단계 성과지표 설정

❶ 변혁적 혁신기술 확보 건수

❍ (목표) 기존의 한계를 뛰어넘어 새로운 연구분야를 창출하거나 거대 신시장을 창출할 수 있는 변혁적 기술개발 9건*을 목표치로 설정

* '새로운 시장(Market)'을 창출할 세계 최고 기술 3건과 글로벌 연구를 선도할 수 있는 '새로운 연구분야'를 개척해 내는 기술 6건

❍ (설정근거) 동 사업 기간 중 45개의 연구주제 중 20%의 연구주제에서 변혁적 혁신기술을 확보하겠다는 도전적 목표를 설정

❍ (측정방법) 새로운 시장을 창출하는 세계최고기술은 사회경제적 파급효과 지표와 연동하여 측정하고, 새로운 연구분야를 개척하는 세계 최초 기술*은 확보 건수

* (참고) 노벨과학상 수상자 논문성과 통계(2008~2018년)에 따르면, 노벨상 핵심논문 1편당 피인용 수 929.1, 핵심연구와 노벨상 간 시간차 14.5년로 나타남. 이를 근거로 동 사업에서는 핵심논문 출간 후 10년 이내, 피인용 수 1000 수준을 달성할 수 있는 기술을 새로운 연구분야를 개척하는 기술로 정의

❷ 파급효과 발생 금액

❍ (목표) 과학기술적, 경제사회적 파급효과 6조 원 창출을 목표로 선정

❍ (설정근거) 최근 국내외 혁신 사례(모빌아이의 ADAS 시스템과 SAP Hana, 아이엠바이오로직스 IMB-101)를 분석 시 성과 당 파급효과가 2조 원대인 것을 근거로 하여 동 사업에서 창출될 것으로 기대되는 세계 최고 기술 3건을 대입하여 설정

❍ (측정방법) 본 사업 추진을 통해 과학기술적, 경제사회적으로 기대되는 파급효과를 정량적으로 산출

❍ 사업화로 인한 매출(수출, 수입대체), 비용절감(생산성 향상, 원가절감), 신시장 창출규모, 국가 경제성장(무역수지, GDP)기여도, 국가기술역량 향상, 기술지도, 표준, 삶의 질 향상 등의 성과별 파급효과 추정

❸ 우수 연구자 확보 건수

- (목표) 과학기술 분야별 명성 높은 대회의 수상 후보자로 동 사업 참여 연구원 중 변혁적 혁신기술을 창출한 9명이 선정될 것으로 목표치 산정

❍ (설정근거) 동 사업에서 도전적 연구문화를 경험하고, 이를 통해 혁신 성장하여 국내 과학기술계에 변화를 주도하는 연구원들이 다수 등장할 것을 기대

- 총 45개의 연구주제 중 20% 수준에서 우수 연구자가 확보될 것으로 목표치 설정

❍ (측정방법) 글로벌 과학기술계에 명성 높은 대회(노벨상, 필즈상, 아벨상, 울프상, 발잔상, 일본국제상, 빅토라머상, 그루버천문학상, 래스커상 등)의 후보로 이름을 올린 연구자 중 본 사업 참여자 수를 측정

참고 | 변혁성 성과 예시

❑ (ADAS 시스템) 모빌아이는 고해상도 이미지 처리와 실시간 데이터 분석이 가능한 EyeQ4칩을 발표, 인텔의 인수·투자를 통한 기초·원천기술의 상용기술 개발 및 제품 상용화에 집중

❍ '23년 연매출 20억 7,900만 달러(약 2조 7,586억 원)를 기록하였으며, EYEQ4칩을 중심으로 기술의 경제적 효과를 추정하면 출시된 '16년부터 '23년까지 약 3.2조 원~5.5조 원의 파급효과 추정

<모빌아이 EYEQ4칩을 중심으로 파급효과 추정>

(단위: 억 원)

구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR	기대효과
매출액[1]		3.6	5.1	7.0	8.8	9.7	13.9	18.7	20.8	28.6%	-
매출액[2]		4,752	6,727	9,235	11,664	12,831	18,391	24,800	27,586	-	-
R&D 기여율[3]	보수적(28.10%)	1,335	1,890	2,595	3,277	3,606	5,168	6,969	7,752	-	32,592
	일반(35.40%)	1,682	2,382	3,269	4,129	4,542	6,510	8,779	9,766	-	41,060
	도전적(48.20%)	2,291	3,243	4,451	5,622	6,185	8,864	11,954	13,297	-	55,906

1) 인텔-모빌아이사 재무제표, https://www.sec.gov/search-filings
2) 원-달러환율 1,326.91원 가정('22.06~'23.05 1년 평균환율)
3) R&D기여율 차등적용에 관한 탐색연구: ICT R&D사업을 중심으로, 기술혁신학회지.

❑ (SAP Hana) SAP Hana는 SAP의 인메모리 데이터베이스 플랫폼, 데이터 처리와 분석을 신속·효율적으로 수행할 수 있도록 설계된 솔루션

❍ 이후 SAP HANA의 고성능 데이터 처리 및 분석 기능에서 발전된 SAP S/4HANA를 발표

❍ '23년 SAP S/4HANA 클라우드 매출은 34억 9천만 유로(약 4.9조 원), '21년~'23년 사이에만 약 2.5조~4.3조 원의 경제적 효과 발생

<모빌아이 SAP S/4HANA 을 중심으로 파급효과 추정>

(단위: 억 원)

구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR	기대효과
매출액1)							10.1	20.8	34.9	86.0%	-
매출액2)							13,389	27,600	49,397	-	-
R&D 기여율 3)	보수적(28.10%)						3,762	7,756	13,880	-	25,398
	일반(35.40%)						4,740	9,770	17,486	-	31,996
	도전적(48.20%)						6,453	13,303	23,809	-	43,566

1) SAP SE 재무제표, '2016~'2020년 SAP S/4HANA, 데이터 확인 불가
2) 원-유로환율 1,415.38원 가정('23년 평균환율)
3) R&D기여율 차등적용에 관한 탐색연구: ICT R&D사업을 중심으로, 기술혁신학회지.

❑ (IMB-101) 아이엠바이오로직스의 리드 파이프라인으로 OX40L와 TNF를 동시에 타깃하는 이중항체 신약인 IMB-101은 미국에서 임상 1상을 진행 중이며 미국과 중국 기업에 약 12.5억 달러(약 1.73조 원) 규모의 기술이전을 수행

❍ IMB-101은 국가신약개발사업단(KDDF)의 '신약 R&D 생태계 구축 연구(비임상단계)'와 '2022년 글로벌 라이센싱 및 공동개발 지원 사업', 식약처 '유전자재조합의약품 맞춤형 상담' 지원 사업, 한국특허전략개발원의 '2022년 FTO분석 지원 사업' 대상 선정 과제로 국내에서 개발된 신약 후보물질

- 향후 개발 및 상업화를 통한 IMB-101의 글로벌 혁신시장 진출을 기대하고 있으며, 임상을 통한 개발 성공 시 아토피 피부염, 천식 등 자가면역질환의 치료제로써 높은 경제적 파급효과를 보일 것으로 예상

❑ 3단계 성과 목표 및 지표

1 단계별 성과목표

단계별 성과목표					
성과목표-1	세계 최고 기술 확보	가중치	50%	설정 근거	
성과목표-2	경제사회적 파급효과 확보	가중치	25%	설정 근거	
성과목표-3	도전적 문화 정착	가중치	25%	설정 근거	

2 성과지표

단계별 성과목표명		가중치	성과지표명	단위	목표치	성과 유형	지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유
성과목표-1	세계 최고 기술 확보	50%	변혁적 혁신기술 창출	건	9	과학적	산출	-	◦ 본 사업은 과학기술적 우수한 성과(기존의 한계를 뛰어넘어 세상을 변화시킬 수 있는 과학기술) 창출을 목적으로 함에 따라 변혁적 기술개발 확보를 핵심지표로 판단
성과목표-2	경제사회적 파급효과 확보	25%	파급효과 발생 금액	조원	6	경제적	산출	-	◦ 본 사업은 기존에 존재하지 않는 혁신적인 기초 · 원천기술 개발을 수행하여 산업계와 연구계 등에 높은 파급력이 있을 것으로 예상됨에 따라, 창출 성과에 따른 경제사회적 파급효과 추정을 핵심지표로 판단
성과목표-3	도전적 문화 정착	25%	우수 연구자 확보 건수	명	9	사회적	산출	-	◦ 본 사업은 실패를 두려워하지 않고 혁신 성과창출을 위해 도전적으로 연구를 수행하는 문화 형성과 도전혁신적 연구를 수행할 수 있는 연구원들의 역량강화를 목적으로 함에 따라, 본 사업 참여를 통해 도전적 문화를 접하고 역량이 강화된 우수 연구자 창출 건수를 핵심지표로 판단

3 성과지표의 목표치 및 측정방법

성과지표명	목표치 설정방법 및 근거	측정산식 및 방법, 시기
변혁적 혁신 기술 확보 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정 근거 : 본 사업은 기존의 한계를 뛰어넘어 세상을 변화시킬 수 있는 변혁적 기술개발 9건 확보를 목표치로 설정하였으며, 이를 통해 세계에 없던 세계 최고 기술 3건 확보를 수행하기 위하여 분야별 핵심기술 개발을 추진	◦ 측정산식 : 글로벌 최고 기술 보유 수 또는 미래 핵심기술 보유 수를 측정 ➜ ∑글로벌 최고기술 + 미래 핵심기술 건수 ◦ 측정방법 : 본 사업을 통해 창출되는 기술이 해당 분야에서 세계 최초, 국내 최초 등의 혁신 연구개발 성과임을 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사(과제 종료 후 5년 내) 마감 이후(차년도 2월)
파급효과 발생 금액	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 최근 국내외 혁신 사례(모빌아이의 ADAS 시스템과 SAP Hana, 아이엠바이오로직스 IMB-101)를 분석 시 성과 당 파급효과가 2조 원대인 것을 근거로 하여 동 사업에서 창출될 것으로 기대되는 세계 최고 기술 3건을 대입하여 설정	◦ 측정산식 : 본 사업을 통해 산출될 것으로 기대/예상되는 파급효과의 합 ◦ 측정방법 : 본 사업 추진을 통해 과학기술적, 경제사회적으로 기대되는 파급효과를 정량적으로 산출 ➜ 사업화로 인한 매출(수출, 수입대체), 비용절감(생산성 향상, 원가절감), 신시장 창출규모, 국가 경제성장(무역수지, GDP)기여도, 국가기술역량 향상, 기술지도, 표준, 삶의 질 향상 등의 성과별 파급효과 추정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)
우수 연구자 확보 건수	◦ 설정방법 : 본 사업 수행에 따라 창출되는 성과를 예상하여 목표치를 설정 ◦ 설정근거 : 본 사업에서 도전적 연구문화를 경험하고, 이를 통해 혁신성장하여 국내 과학기술계에 변화를 주도한 우수연구자 9명 확보를 목표	◦ 측정산식 : 과학기술 분야별 명성 높은 대회의 수상후보자 중 본 사업과 연관있는 후보자들의 합 ◦ 측정방법 : 글로벌 과학기술계에 명성 높은 대회(노벨상, 필즈상, 아벨상, 울프상, 발잔상, 일본국제상, 빅토라머상, 그루버천문학상, 래스커상 등)의 후보로 이름을 올린 연구자 중 본 사업 참여자 수를 측정 ◦ 측정시기 : 당해연도 NTIS 성과활용조사 마감 이후(차년도 2월)

제6장. 세부 연구 주제 도출(예시)

6.1 미래를 여는 물질 분야 연구주제 도출
6.2 지속가능한 지구 분야 연구주제 도출
6.3 디지털 웰 · 빙 케어 분야 연구주제 도출
6.4 혁신첨단융합 분야 연구주제 도출
6.5 스마트안전 분야 연구주제 도출
6.6 최종 연구분야별 세부 과제 도출(예시)

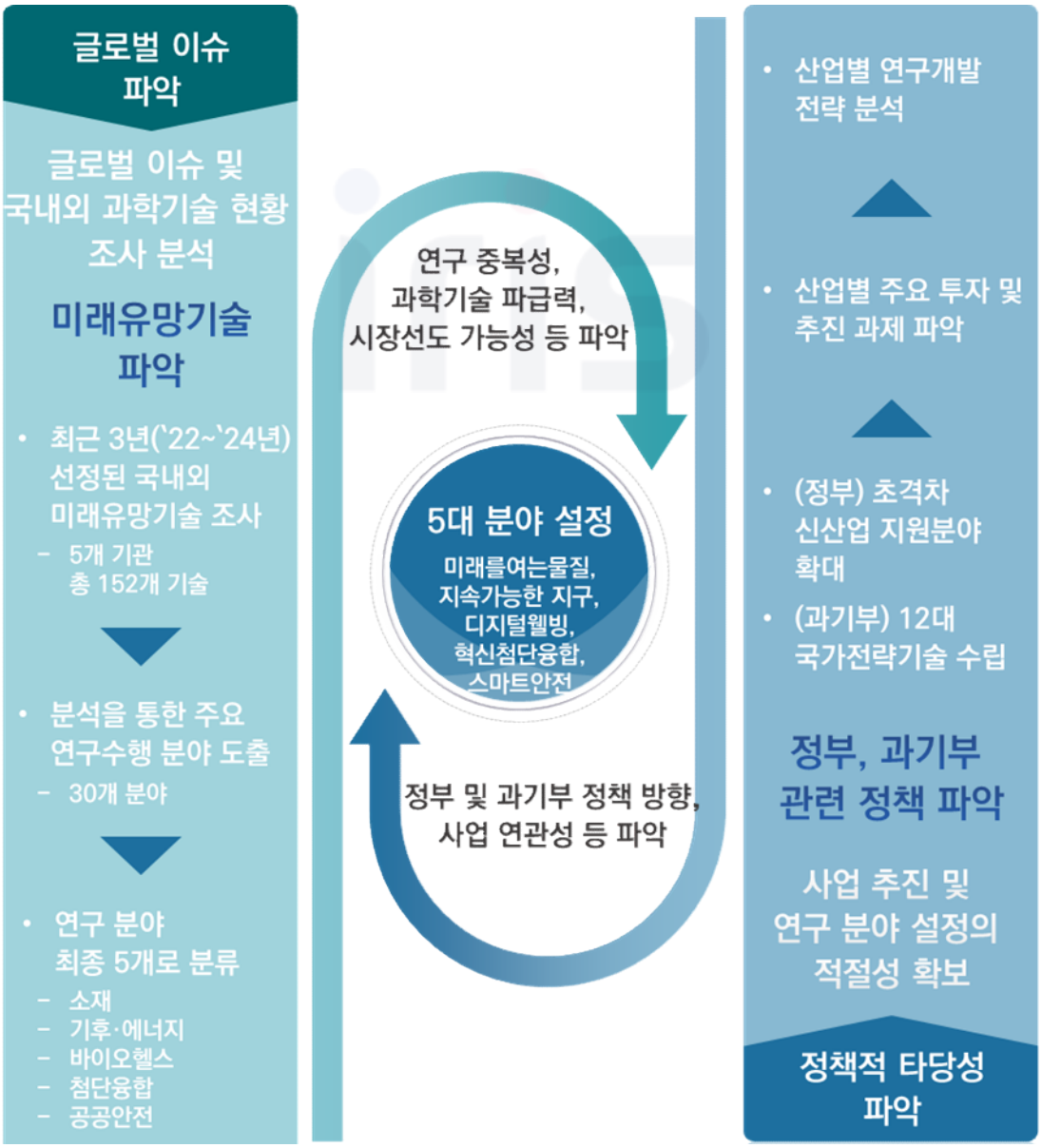
6장 세부 연구 주제 도출

❑ **동 사업은 메가트렌드 및 국내외 주요 기관 선정 미래유망기술, 관련 발간 보고서 등의 조사·분석을 통하여 기술 선점이 필요한 연구분야를 선정**

❍ (연구분야) 주요 학술지의 미래유망기술과 학문 중점지원분야를 도출·그룹화하여 5대 기술분야 설정

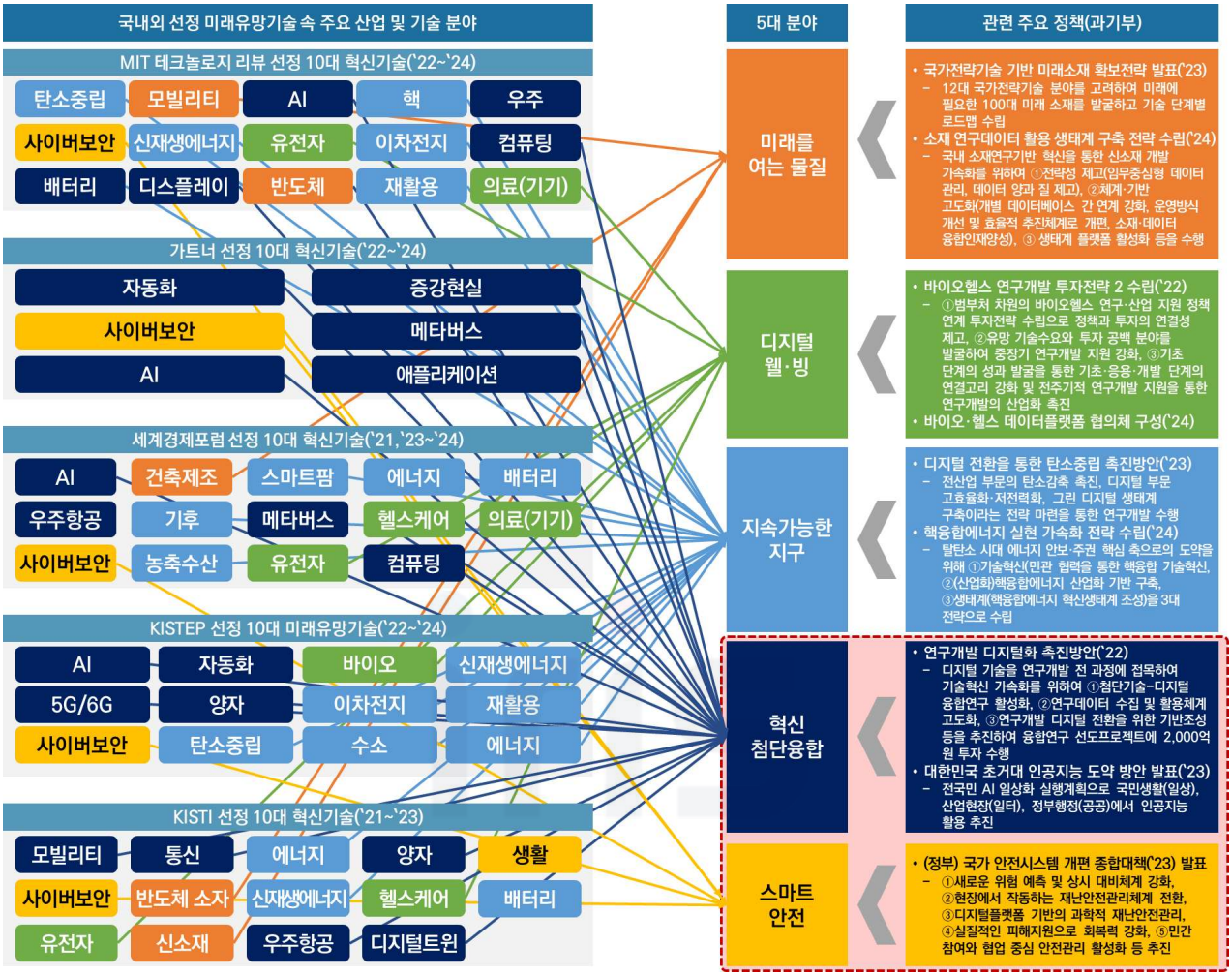
❍ (분야 선정 프로세스) 동 사업은 국내외 주요 기관 선정 미래유망기술, 대내외 과학기술 현황, 글로벌 이슈 등을 조사·분석으로 글로벌 기술 패권 경쟁 우위를 위해 선점이 필요한 연구분야를 선정

- 5대 분야 과기부의 관련 주요 정책적 지원 현황을 검토하여 5대 분야에 대한 지원 부합성 검토



<그림 6-1> 연구분야 도출 프로세스

❍ 혁신 기술 선점 및 확보를 위해선 전략적인 기술 분야 선정 및 해결해야 할 임무를 설정하여 파급력 높은 과학기술을 위한 연구개발 및 지원 수행이 필요함에 따라 동 사업에서 연구가 필요한 분야 5개를 연구 분야로 선정하여 세부 추진 주제 및 과제 선정이 필요



<그림 6-2> 미래유망기술 조사·분석을 통한 연구분야 도출

참고 | 국내외 선정 미래유망기술

❑ (해외) 최근 3년간 미래유망기술로 선정된 기술 조사·분석

❍ (MIT 테크놀로지 리뷰) 첨단 산업 분야(IT·BT·NT·ET) 중 현재 또는 단기간 적용 가능하거나 5~10년 후 혁신을 창출하며 산업과 사회 전반에 큰 변화를 초래할 기술로 전망

<표 6-1> MIT 테크놀로지 리뷰 선정 10대 혁신 기술

2024년	2023년	2022년
모든 것을 위한 AI	제임스웹 우주망원경	경구용 코로나19 치료제
초고효율 태양전지	콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR 기술	실용적인 핵융합로
애플 비전 프로	이미지를 생성하는 AI	비밀번호의 종말
체중 감량 약물	주문형 장기이식	단백질 접힘 예측용 AI
심부지열발전 시스템	원격진료를 통한 임신중절	지분증명
칩렛	개방형 표준의 반도체 칩 설계	오래 지속되는 전력망용 배터리
최초의 유전자 편집 치료제	고대 유전자의 분석	인공지능을 위한 합성 데이터
엑사급 컴퓨터	배터리 재활용	말라리아 백신
히트펌프	자동차 산업의 주류가 된 전기차	탄소 제거 공장
트위터 킬러	군사용 드론의 대중화	코로나 변이 추적

❍ (Gartner) 향후 3년간 비즈니스 및 기술 관련 전략기술 트렌드를 발표

<표 6-2> 가트너 선정 10대 혁신 기술

2024년		2023년		2022년	
투자 보호	AI 신뢰도·리스크 보안 관리	최적화	디지털 면역 시스템	신뢰 강화	테이터 패브릭
	상시 위협 노출 관리		관찰 가능성 응용		사이버보안 메시
	산업 클라우드 플랫폼		AI 신뢰, 리스크 및 보안 관리		개인정보 보호 강화 컴퓨팅
기술 개발 자들의 부상	플랫폼 엔지니어링	확장	산업 클라우드 플랫폼		클라우드 네이티브 플랫폼
	AI 증강 개발		플랫폼 엔지니어링	변화 추진	초자동화
	지속가능한 기술		무선의 가치 실현		의사결정 인텔리전스
	생선 AI 민주화	선도	슈퍼앱		조합형 애플리케이션
가치 전달	지능형 애플리케이션		적응형 AI		인공지능 엔지니어링
	증강 연결 인력		메타버스	성장 가속화	총체적 경험
	머신 고객	지속가능한 기술			자율자동화 시스템
					분산형 기업
					창조적 인공지능

❍ (세계경제포럼) 향후 5년 이내 세계에 큰 영향을 미칠 10대 미래 기술을 선정

<표 6-3> 세계경제포럼 선정 10대 혁신 기술

2024년	2023년	2021년
과학적 발견을 위한 AI	플렉시블(연성) 배터리	탈산소 기술
프라이버시 강화기술	생성형 인공지능	비료 자가공급 작물
재구성 가능한 지능형 표면	지속가능 항공연료	질병진단 호흡센서
고고도 플랫폼 통신시스템	맞춤형 바이러스 (디자인 파지)	주문형 의약품 제조
통합 감지 및 기술	정신 건강을 위한 메타버스	무선신호 생산 에너지
건설을 위한 몰입형 기술	웨어러블 식물 센터	건강 장수 공학
새로운 냉각기술 탄성열량	공간 오믹스	그린 암모니아 기술
탄소 포집 미생물	플렉시블(연성) 신경 전자 기술	무선 바이오마커 장치
대체 가축 사료	지속 가능 컴퓨팅	현지 재료 제작된 3D 주택
이식을 위한 유전자연구	AI 헬스케어 서비스	우주 사물인터넷(IoT)

❑ (국내) 최근 3년간 미래유망기술로 선정된 기술 조사·분석

❍ (KISTEP) 미래이슈에 대응하기 위한 유망기술 선정

<표 6-4> KISTEP 선정 10대 미래유망기술

2024년 생성형 인공지능 시대	2023년 데이터 보안 및 보호	2022년 탈탄소화
거대언어모델 기반 텍스트 생성형 인공지능 기술	자율 무인 이동체 활용을 위한 인프라 통합 보안 기술	이산화탄소 포집 및 전환 기술
자율 이미지 및 영상 생성형 인공지능 기술	인공지능 기반 지능형 사이버 보안 관제 및 자동대응 기술	바이오 기반 원료·제품 생산 기술
신경망처리 기반 인공지능 전용칩	5G/6G 네트워크 보안 기술	탄소저감형 고로-전로 공정기술
지능형 개인 맞춤 서비스 인공지능 기술	제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화 기술	고용량·장수명 이차전지 기술
감성내재 음성 생성형 인공지능 기술	프라이버시 강화 데이터 안전 활용을 위한 동형암호 등 기능형 암호 및 응용기술	청정수소 생산 기술
클라우드 기반 머신러닝 플랫폼 기술	메타버스 등 가상환경에서의 사용자 보호 및 보안 기술	암모니아 발전 기술
코딩 보조용 생성형 언어 모델 기술	양자시대의 절대적 데이터 보안을 위한 양자 암호기술	전력망 계통 연계 시스템
멀티모달 통합 인식 및 생성 인공지능 기술	디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적기술	고효율 태양전지 기술
인공지능 신뢰성 및 안전성 제고 기술	안전한 가상화 환경 활용을 위한 클라우드·엣지 보안 기술	초대형 해상풍력 시스템
인공지능 오픈 마켓플레이스 플랫폼 기술	안전한 디지털 경제 활용을 위한 암호화폐 신뢰성 보장 기술	유용자원(희토류) 회수 기술

❍ (KISTI) 미래 신시장·신산업 창출을 위한 유망기술 선정

<표 6-5> KISTI 선정 10대 미래유망기술

2023년 특이점 시대	2022년 복합위기	2021년
올-커넥티드 스마트 모빌리티 기술	AI 결합 무선 통신	딥러닝
스마트-공간을 위한 차세대 통신 기술	무인항공 네트워크	기생컴퓨팅
안전한 IoT를 위한 보안 기술	물리학과 AI 결합	플랫폼기반 커뮤니티
인간을 보완하는 소프트로봇 기술	인공지능 보안기술	에너지 클라우드
미래 진단치료를 위한 엑소좀과 논코딩 RNA 활용 기술	양자 기반 컴퓨팅/네트워킹	애자일/래자일매뉴팩처링
인공지능 반도체의 핵심, 뉴로모픽 소자 기술	헬스케어 디지털 혁신	새로운 탄소물질
시공간 대칭성 활용 미래 양자시스템 제어-설계 기술	디지털 혁신 소재	인류와 지구의 공생
꿈의 2D 신소재 보로핀과 그래핀의 새로운 활용 기술	사용자 맞춤 자율주행	온오프 정신건강
순환경제를 위한 배터리 업사이클링 기술	디지털 트윈 도시	DNA에서 RNA로 확대
그린수소와 신재생에너지 하이브리드 시스템 기술	비즈니스 프로세스 디지털 혁신	위드코로나

1절 미래를 여는 물질 분야 연구주제 도출

❑ 국내외 기관 선정 미래유망기술 및 분야 중 소재 관련 기술을 조사하여 기존의 패러다임을 변화시킬 변혁적 기술 후보군 및 연구 필요 분야를 도출

❍ 미래를 여는 물질 분야에서 세계가 주목하는 미래유망기술을 조사하여 연구주제 후보군 도출

<표 6-6> 미래를 여는 물질 분야 유망기술 조사

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
1	MIT 테크놀로지 리뷰	• (`23년) 주문형 장기	• 환자 자신의 세포를 이용한 장기 3D 프린팅 기술
2	KISTEP (`19)	• 친환경 바이오 플라스틱 필름	• 식품/의약품 포장재로 적용 가능하며 인체에 대한 무해성이 검증된 투명하고 생분해가 가능한 바이오 플라스틱 필름 기술
3		• 손실된 인체감각을 대체하는 기기용 소재	• 인체의 손실된 감각을 재생 또는 복원하거나 증강하기 위한 기술로서, 인체가 느끼는 수준 이상의 감각 감지 능력을 제공하는 센서 기술과 뇌/신경기반의 감각 인지/자극 디바이스 기술이 융합된 인체감각 대체기기 기술
4		• 3D 프린팅 인공장기	• 바이오 프린팅의 한 분야로서 살아있는 세포를 원하는 형상 또는 패턴으로 적층하여 조직이나 장기를 제작 할 수 있는 기술
5		• 불이 안나는 고성능 고체전해질	• 고체 상태에서 이온 전도성을 갖는 물질로 기존 리튬이온전지의 발화성 유기 액체전해질을 대체하여 전지 안전성 및 고에너지밀도 확보의 획기적인 개선이 가능한 기술
6		• 수송용 고속 충방전이 가능한 배터리	• 현재 100% 충전에 약 6시간가량 소요되는 전기차 배터리의 충전시간을 획기적으로 축소하고 동시에 출력 특성도 향상시킨 전기차용 리튬이차전지 기술
7		• 더 이상 무겁지 않은 초경량 수송체	• 개인 및 공공 인프라의 넓은 영역을 차지하는 수송기기(수송체)가 다양한 분야에서 요구되는 에너지 절약, 엄격한 환경규제 조건을 충족시킬 수 있는 차세대 기술

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
8		• 극한의 환경을 견디는 차세대 핵융합 소재	• 핵융합 발전 기술의 개발을 위해서 중수소와 삼중수소의 핵융합 반응으로 발생되는 에너지를 열에너지로 변환하는 블랑켓 및 자기장 구조를 이용하여 플라즈마로부터 하전입자와 열속을 제거하는 기능을 수행하는 디버터 소재개발 기술
9		• 스트레처블 디스플레이	• 늘였다 줄였다가 가능하고 자유로운 외관의 변형 및 대면적 저원가 생산이 가능한 진정한 의미의 플렉서블 디스플레이 기술
10		• 자율적으로 수명을 제어하는 화학소재	• 외부환경에 대해 전주기적이고 자율적인 자가 보호, 보고, 치유 및 분해 제어 가능 기술
11		• 완전 직물형 웨어러블 소자	• 액서서리 형태의 '착용할 수 있는' IT 기기가 아닌 섬유, 직제, 의류 기술과 IT 기술이 융합하여 직물을 통해 입력, 출력, 처리, 저장 등의 기본적인 전기전자 기능 수행이 가능한 '입는' IT 기기 기술
12	KISTI	• (`23) 보로핀과 그래핀	• 반도체와 배터리 등 다양한 분야에서 주목받는 2차원 재료를 보로핀과 그래핀으로 개발하는 기술
13		• (`23) 배터리 업사이클링 기술	• 배터리 핵심 원료, 소재 및 재활용과 관련한 기술개발
14		• (`22) 디지털 혁신 소재	• 신소재 발굴과 복합재 제품 개발의 전주기에 걸쳐 인공지능과 빅데이터를 바탕으로 소개 개발 분야 디지털 혁신 진행
15	국제 화학연합 (IUPAC)	• (`23) 헤라클래스 인공근육	• (그래핀 소재와 액정섬유를 결합한 복합소재) 인간 근육을 모방한 구조를 가지면서 높은 기계적 물성과 구동 성능을 가지는 인공 근육 기술
16		• (`23) 생물학적 재활용 PET 플라스틱	• 폴리머와 플라스틱을 자연적으로 가수 분해하고 분해할 수 있는 효소의 발견
17		• (`22) 섬유 배터리	• 웨어러블 기기에 적합한 새로운 형태의 에너지 저장 장치
18		• (`22) 섬유 디스플레이	• 플렉서블 스크린용 섬유 기반 발광 다이오드

❑ 미래를 여는 물질 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

❍ 문헌분석 및 현 책임PM 추천 후보군 설정

<표 6-7> 미래를 여는 물질 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

순번	관련 유망 기술	연구주제 후보군	주요 내용
18	섬유 디스플레이	광 컴퓨팅 소재	• 전자 기반의 컴퓨터 기술을 광자 기반의 컴퓨터로 전환할 수 있는 혁신적인 광학 소재 및 소자 기술을 개발
9	스트레처블 디스플레이 ▶		
14	디지털 혁신 소재		
5	불이 안나는 고성능 고체전해질	새로운 배터리를 찾는 지속가능한 소재	• 기존 에너지저장시스템의 문제점을 해결하고, 에너지 문제를 극복할 수 있는 새로운 에너지저장 소재 개발
6	수송용 고속 충방전이 가능한 배터리		
8	극한의 환경을 견디는 차세대 핵융합 소재 ▶		
17	섬유 배터리		
13	배터리 업사이클링 기술		
2	친환경 바이오 플라스틱 필름	물질(플라스틱, 철강제 등)대체 소재	• 기존의 제품을 대체하는 새로운 형태의 소재 개발
11	완전 직물형 웨어러블 소자		
12	보로핀과 그래핀		
10	자율적으로 수명을 제어하는 화학소재 ▶		
7	더 이상 무겁지 않은 초경량 수송체		
16	생물학적 재활용 PET 플라스틱		
4	3D 프린팅 인공장기	인체 대체 소재	• 노동력 감소, 초고령화 극복 등을 위해 인체를 대신할 수 있는 소재 개발
15	헤라클래스 인공근육 ▶		
3	손실된 인체감각을 대체하는 기기용 소재		
10	자율적으로 수명을 제어하는 화학소재	극한건축소재	• 극한환경 건축에 필요한 건축소재 개발
5	불이 안나는 고성능 고체전해질 ▶		
8	극한의 환경을 견디는 차세대 핵융합 소재		

2절 지속가능한 지구 분야 연구주제 도출

❑ 국내외 기관 선정 미래유망기술 및 분야 중 기후·에너지 관련 기술을 조사하여 기존의 패러다임을 변화시킬 변혁적 기술 후보군 및 연구 필요 분야를 도출

❍ 지속가능한 지구 분야에서 세계가 주목하는 미래유망기술을 조사하여 연구주제 후보군 도출

<표 6-8> 지속가능한 지구 분야 미래유망 기술

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
1	MIT 테크놀로지 리뷰	• (`21) 친환경 수소 에너지	• 친환경 수소에너지로서 녹색 수소는 재생 에너지원(태양광, 풍력 등)을 사용하여 물을 전기분해하여 생산하는 수소를 의미하며, 녹색 수소는 탄소 중립 목표 달성을 위한 핵심 기술임
2		• (`22) 실용적인 핵융합로	• 핵융합 실용화에 성공하면 노심용융이나 방사능 유출 걱정 없이 저렴하고, 탄소 배출물이 없고, 언제든지 사용할 수 있는 에너지 생산 가능
3		• (`22) 오래 지속되는 전력망용 배터리	• 저렴하고, 오래 지속되는 철 배터리를 활용하면 발전량이 일정하지 않은 재생에너지의 전력 공급을 안정시키고 청정에너지 사용 증가에 기여
4		• (`22) 탄소 제거 공장	• 대기 중의 탄소를 포집하는 대형 공장이 21세기 온난화가 위험한 수준에 도달하는 것을 막기 위해 세계가 필요한 산업의 형성에 기여
5		• (`23) 배터리 재활용	• 배터리에 들어가는 핵심 금속 소재를 회수하는 새로운 재활용 방법이 실용화를 통해 전기차 가격의 대중화에 기여
6		• (`24) 초고효율 태양전지	• 기존 실리콘과 최첨단 페로브스카이트 (빛을 투과시키면서 전기로 바꿀 수 있는 특성을 가진 소재)를 결합한 태양전지를 활용하여 태양전지 패널 효율을 새로운 차원으로 높인 것을 의미
7		• (`24) 심부지열발전 시스템	• 탄소를 배출하지 않는 풍부한 에너지원인 지열을 이용하여 날씨나 시간에 구애받지 않는 화석연료의 대안으로, 지하 4,000~5,000m를 시추해 지열 에너지 저장공간을 만들고, 그곳에 물을 주입해 섭씨 150~200도로 가열된 지하수를 이용해 발전과 난방열 공급에 활용한 후 다시 저장공간으로 물을 순환시키는 방식
8		• (`24) 히트펌프	• 난방시스템을 재생에너지를 활용하는 전기 히트펌프로 전환하면, 가정, 사무실, 심지어 제조 시설에서 탄소 배출량을 크게 줄이는 데 기여 가능
9	Gartner (`23-24)	• 지속가능한 기술	• 환경, 사회, 지배구조(ESG) 성과를 지원하고 구현하는 디지털 솔루션 프레임워크를 의미하며 지속가능한 기술에 대한 투자가 기업의 장기적인 운영과 수익 창출에 필수적

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
10	세계경제 포럼 (WEF)	• (`20) 태양광 화합물	• 자연에서 일어나는 광합성 과정을 모방하여 태양 에너지를 화학 에너지로 변환하고, 이를 통해 탄소 기반 연료나 다른 유용한 화학 물질을 생산
11		• (`20) 전기 항공기	• 배터리나 연료 전지 등 전기 에너지를 동력원으로 사용하며 기존 항공기와 달리 화석 연료를 사용하지 않아 탄소 배출량을 줄이고 소음 공해를 감소시키는 등 친환경적이며 유지 보수 비용이 적게 들고 운영 효율성이 높음
12		• (`20) 저탄소 시멘트	• 시멘트 산업은 전 세계 탄소 배출량의 약 8%를 차지하는 주요 탄소 배출원 중 하나로, 기존 시멘트 생산 과정에서 발생하는 탄소 배출량을 줄이기 위한 다양한 기술을 적용한 시멘트를 의미
13		• (`20) 그린 수소	• 재생 가능한 에너지원(태양광, 풍력 등)을 사용하여 물을 전기분해하여 생산하는 수소를 의미하며, 탄소 배출이 없어 친환경적인 에너지 생산 방식
14		• (`21) 탈산소 기술	• 산업, 에너지 생산, 운송 등 다양한 분야에서 탄소 배출량을 줄이거나 제거하는 기술을 총칭하며 지구 온난화와 기후 변화를 완화하기 위한 핵심적인 노력의 일환임
15		• (`21) 비료 자가공급 작물	• 뿌리혹박테리아와 같은 미생물과 공생 관계를 형성하여 질소를 고정하고 스스로 비료를 생산하는 작물을 의미하며, 외부 비료 투입량을 줄여 환경 부담을 줄이고 지속 가능한 농업을 실현하는 데 기여
16		• (`21) 그린 암모니아 기술	• 재생 가능한 에너지원(태양광, 풍력 등)에서 생산된 전기를 사용하여 물을 전기분해하여 얻은 '그린 수소'를 질소와 반응시켜 생산하며 탄소 배출이 매우 적음
17		• (`21) 현지 재료 제작된 3D 주택	• 3D 프린팅 기술을 활용하여 현지에서 조달 가능한 재료로 주택을 건설하는 기술로 콘크리트, 점토, 흙, 심지어 재활용 플라스틱까지 다양한 재료가 활용
18		• (`23) 플렉시블 배터리	• 그래핀, 탄소섬유 등의 다양한 소재, 다양한 형태의 플렉서블 배터리가 가능하며, 이는 웨어러블 의료 기기 및 생체 의학 센서, 플렉서블 디스플레이 및 스마트워치를 포함한 다양한 제품에 응용될 수 있음
19		• (`23) 지속 가능 항공연료	• 전 세계 이산화탄소 배출량의 2~3%를 차지하는 항공의 배출량을 감소시키기 위해 바이오에너지, 바이오매스 등을 활용한 항공 연료

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
20	KISTEP (`21-22)	• (`21) 온라인 쇼핑 쓰레기를 줄이는 녹색포장 기술	• 친환경 소재, 포장재 경량화 및 최소화, 재사용 가능한 포장재, 스마트 포장, 친환경 포장재 인증 및 표시제도 등을 포함하는 기술개념으로 환경보호와 자원절약, 새로운 시장 창출에 기여
21		• (`22) 이산화탄소 포집 및 전환 기술	• 이산화탄소 포집 및 전환(Carbon Capture and Utilization, CCU) 기술은 산업 공정, 발전소 등에서 발생하는 이산화탄소를 포집하여 유용한 자원으로 전환하는 기술로서 기후 변화의 주요 원인인 이산화탄소 배출량을 줄이고 탄소 중립 사회를 실현하는 데 기여
22		• (`22) 바이오 기반 원료, 제품 생산기술	• 바이오 기반 원료 제품 생산 기술은 재생 가능한 바이오매스 자원을 활용하여 다양한 제품을 생산하는 기술로, 석유와 같은 화석 연료 기반 원료를 대체하여 환경 부담을 줄이고 지속 가능한 사회를 구현하는 데 기여
23		• (`22) 탄소저감형 고로-전로 공정기술	• 철강 산업은 전 세계 탄소 배출량의 약 7~9%를 차지하는 대표적인 탄소 다배출 산업으로, 철강 산업의 탄소 배출량을 줄이기 위해 기존 고로-전로 공정을 개선하거나 새로운 기술도입을 의미
24		• (`22) 고용량, 장수명 이차전지 기술	• 기존 이차전지보다 더 많은 에너지를 저장하고 더 오래 사용할 수 있는 차세대 배터리 기술로, 전기차, 에너지 저장 시스템, 휴대용 전자기기 등 다양한 분야에 기여할 혁신의 핵심
25		• (`22) 청정수소 생산 기술	• 탄소 배출을 최소화하거나 없애면서 수소를 생산하는 기술을 의미하며, 크게 그린 수소, 블루 수소, 핑크 수소 등으로 분류됨
26		• (`22) 암모니아 발전 기술	• 암모니아(NH3)를 연료로 사용하여 전력을 생산하는 기술로, 연소 시 이산화탄소를 배출하지 않아 탄소 중립 목표 달성에 기여할 수 있는 친환경 에너지원으로 주목
27		• (`22) 전력망 계통 연계 시스템	• 독립된 발전 시스템(태양광, 풍력 등 신재생 에너지 발전 시스템, 자가 발전 설비)을 기존 전력망(Grid)에 연결하여 전력을 주고받을 수 있도록 하는 시스템
28		• (`22) 고효율 태양전지 기술	• 태양광 에너지를 전기 에너지로 변환하는 효율을 극대화하는 기술을 의미하며, 기존 태양전지의 효율 한계를 극복하여 더 많은 에너지를 생산하고, 태양광 발전의 경제성을 높이는 데 기여
29		• (`22) 초대형 해상풍력 시스템	• 초대형 해상풍력 시스템은 기존 해상풍력 발전 시스템보다 훨씬 더 큰 규모로 건설되는 해상풍력 발전 단지를 의미하며, 여러 개의 대규모 풍력 터빈을 해상에 설치하여 대량의 전력을 생산

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
30		• (`22) 유용자원 (희토류) 회수 기술	• 희토류 회수 기술은 폐기물, 광미, 폐배터리 등 다양한 자원에서 희토류 원소를 추출하고 분리하는 기술을 의미하며, 첨단 산업에 필수적인 원소이지만, 매장량이 제한적이고 특정 국가에 편중되어 있어 안정적인 공급이 어려운 상황으로 기술개발을 통해 자원확보 및 환경보호에 기여
31	KISTI (`21-`23)	• (`21) 에너지 클라우드	• 에너지 데이터를 클라우드 기반 플랫폼에 저장하고 분석하여 에너지 효율성을 높이고 에너지 관리를 최적화하는 시스템으로 데이터 수집 및 분석, 에너지 관리 최적화, AI 등에 활용
32		• (`22) 신재생 에너지 산업용 드론	• 태양광, 풍력 등 신재생 에너지 발전 시설의 설치, 운영, 유지보수에 드론 기술을 활용하는 것을 의미하며 위험한 곳에서의 작업을 대체하고, 데이터 수집 및 분석을 통해 효율성을 높이는데 기여
33		• (`22) 수소 에너지 저장	• 수소는 에너지 밀도가 높지만 부피가 크고 가벼워 저장 및 운송이 어려운 특징이 있어, 생산된 수소를 안전하고 흥듈적으로 보관하여 필요할 때 사용할 수 있도록 하는 기술을 의미
34		• (`22) 그린 암모니아	• 재생 에너지원(태양광, 풍력 등)에서 얻은 전력으로 물을 전기분해하여 생산한 수소를 질소와 반응시켜 만드는 암모니아로, 탄소중립에 기여 가능하며 수소를 액체상태로 운반가능
35		• (`23) 순환경제를 위한 배터리 업사이클링 기술	• 폐배터리에서 유용한 자원을 회수하고 재활용하여 새로운 배터리 또는 다른 제품 생산에 활용하는 기술로, 폐배터리 처리 과정에서 발생하는 환경 오염을 줄이고, 자원 낭비를 방지하여 지속 가능한 사회를 구현하는 데 기여
36		• (`23) 그린수소와 신재생에너지 하이브리드 시스템 기술	• 재생 에너지(태양광, 풍력 등)로 생산된 전력을 이용하여 물을 전기분해하여 그린 수소를 생산하고, 이를 다양한 에너지원과 결합하여 활용하는 시스템을 의미하며 P2G, 수전해시스템, 연료전지 등의 기술로 구성됨

❑ 지속가능한 지구 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

❍ 문헌분석 및 현 책임PM 추천 후보군 설정

<표 6-9> 지속가능한 지구 분야 연주주제 후보군 도출 결과(안)

순번	관련 유망 기술		연구주제 후보군	주요 내용
7	심부지열발전 시스템	▶	고온 열 저장 · 이송을 위한 한계 기술	• 주위에 버려지는 열을 모아 고온의 열로 이송 및 저장하는 기술
8	히트펌프			
31	에너지클라우드			
6,28	초고효율 태양전지 기술			
10	태양광 화합물			
4	탄소제거 공장	▶	탄소중립 경제성 확보	• 기후 변화 대응과 지속 가능한 사회 구축을 위한 탄소포집기술 경제성 확보 • 2030년 1톤당 탄소포집 비용 10달러 • 2030년 1톤당 탄소저장 비용 10달러 • 2030년 1톤당 탄소이송 비용 5달러
14	탈산소 기술			
15	비료 자가공급 기술			
16	그린 암모니아 기술			
26	암모니아 발전기술			
21	이산화탄소 포집 및 전환 기술			
22	바이오 기반 원료제품 생산기술			
23	탄소저감형 고로-전로 공정기술			
12	저탄소 시멘트			
5	배터리 재활용	▶	오래 지속되는 고용량 이차전지 및 배터리 업사이클링 기술	• 기존 리튬 이온 배터리보다 에너지 밀도를 높이고 수명을 연장하여 전기차 주행 거리 증가, 휴대용 전자기기 사용 시간 연장, 에너지 저장 시스템(ESS) 효율성 향상 등에 혁신을 가져다줄 기술
3	오래 지속되는 전력망용 배터리			
18	플렉시블 배터리			
24	고용량 장수명 이차전지 기술			
35	순환경제를 위한 배터리 업사이클링			
1	친환경 수소에너지	▶	수소생산시스템 고도화	• 탄소 배출을 최소화하거나 없애는 친환경적인 에너지 생산 방식으로, 주로 재생 가능한 자원을 활용하며, 기후 변화 대응과 지속 가능한 에너지 시스템 구축에 필수적인 기술.
13	그린 수소			
36	그린수소와 신재생에너지 하이브리드시스템			
25	청정수소 생산기술			
33	수소에너지 저장			
2	실용적인 핵융합로			
27	전력망 계통 연계 시스템			
29	초대형 해상풍력 시스템			
32	신재생에너지 산업용 드론			
17	현지재료로 제작된 3D 주택	▶	재료 및 희소자원 대체/재활용 기술	• 지속가능한 기술발전을 위해 희소 자원이나 환경에 유해한 물질을 대체할 수 있는 새로운 재료 개발 및 기존 재료의 효율적인 사용 기술
20	녹색포장기술			
11	전기항공기			
19	지속가능 항공연료			
30	희토류 회수기술			

3절 디지털 웰·빙 케어 분야 연구주제 도출

❑ **국내외 기관 선정 미래유망기술 및 분야 중 디지털 웰·빙 관련 기술을 조사하여 기존의 패러다임을 변화시킬 변혁적 기술 후보군 및 연구 필요 분야를 도출**

❍ 디지털 웰·빙 분야에서 세계가 주목하는 미래유망기술을 조사하여 연구주제 후보군 도출

<표 6-10> 디지털 웰·빙 분야 미래유망 기술

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
1	MIT 테크놀로지 리뷰	• (`21) 메신저RNA 백신	• 코로나19 바이러스와 싸우는 새로운 전령RNA (mRNA) 백신은 의학의 패러다임을 전환 가능 (겸상 적혈구 빈혈과 HIV)
3		• (`22) 단백질 접힘 예측용 AI	• 단백질 접힘은 단백질의 아미노산 서열이 3차원 구조로 접히는 과정으로, 단백질 접힘 예측 AI는 이러한 복잡한 과정을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 예측하는 기술로 단백질의 기능을 결정하는데 기여
4		• (`23) 콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR 기술	• 유전자 편집 기술인 CRISPR를 이용하여 콜레스테롤 수치를 조절하는 유전자를 수정함으로써 콜레스테롤 수치를 낮추는 것을 목표로 함
5		• (`23) 주문형 장기이식	• 환자에게 필요한 장기를 즉시 제공할 수 있는 미래 기술로, 현재 장기 부족 문제를 해결하고 수많은 환자의 생명을 구하는데 기여 가능
6		• (`23) 원격진료를 통한 임신중절	• 원격 의료 기술을 활용하여 임신 중절 약물을 처방하고 복용 지도를 제공하는 방식으로, 여성의 접근성과 안전성을 높이는 데 기여
7		• (`23) 고대 유전자의 분석	• 손상된 DNA를 상용화된 유전자 서열 분석기로 해독 할 수 있는 방법의 등장으로, 인류의 기원, 진화, 이동경로, 질병역사 등을 규명하는 데 기여
8		• (`24) 체중 감량 약물	• 식욕을 억제하는 방식으로 체중감량에 도움을 주는 약물로, 1주일에 한번 주사하면 체중의 12~15% 감량 효과가 있으며 알약 형태로 제조가능
9		• (`24) 최초의 유전자 편집 치료제	• 유전자 편집 도구인 크리스퍼 유전자가위가 개발 이후 관련 기술은 지속 발전해 앞으로는 간단하면서도 저렴한 비용으로 유전자 편집 치료를 받을 수 있게 될 전망
10	세계경제 포럼 (WEF)	• (`20) 통증 없는 마취와 시험을 위한 미세바늘	• 기존 주사 바늘보다 훨씬 작고 얇은 바늘을 사용하여 피부에 약물을 전달하거나 혈액을 채취하는 기술로 통증 없는 의료 시술, 편리한 자가 진단 및 치료, 맞춤형 약물 전달 등 다양한 분야에서 혁신을 가져올 것으로 기대

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
11		• (`20) 가상 환자	• 실제 환자 데이터를 기반으로 만들어진 시뮬레이션 모델로, 의료 교육, 훈련, 연구 등 다양한 분야에서 활용
12		• (`20) 디지털 의약품	• 질병의 예방, 진단, 치료, 관리에 디지털 기술을 활용하는 것을 의미하며, 모바일 앱, 웨어러블 기기, 가상현실 및 증강현실, 인공지능, 빅데이터 등을 활용하여 의료 분야에 기여할 것으로 기대
13		• (`20) 게놈 합성 (전체 유전자 합성)	• 특정 생물의 전체 유전 정보를 인공적으로 합성하는 기술을 의미하며, DNA 합성, 유전체 조립, 세포 이식 등의 기술을 포함하는 개념으로 생명과학 연구 혁신, 맞춤형 의약품 개발 등에 기여
14		• (`21) 질병진단 호흡센서	• 사람의 호흡 가스를 분석하여 특정 질병의 존재 여부나 진행 상황을 파악하는 기술로, 질병과 관련된 다양한 바이오마커를 감지하고 분석하여 질병을 진단하는 비침습적 진단
15		• (`21) 주문형 의약품 제조	• 환자 개인의 유전 정보, 질병 특성, 생활 습관 등을 고려하여 맞춤형 의약품을 생산하는 것을 의미하며, 3D 프린팅, 마이크로 유체 시스템, 합성 생물학 등 다양한 기술을 활용하여 소량의 의약품을 빠르고 효율적으로 생산하는 기술
16		• (`21) 건강 장수 공학	• 4차 산업혁명 시대의 헬스케어 혁신, 고령화 사회 대비, 웰빙 증진 등과 관련한 장수공학 기술을 의미하며, 정밀 의료, 디지털 헬스, 바이오 기술, 뇌 과학, 유전자 편집기술, 인공지능 기반 신약개발 등이 포함됨
17		• (`21) 무선 바이오마커 장치	• 체내 또는 체외에서 생체 지표(바이오 마커)를 측정하고, 이 데이터를 무선으로 전송하는 장치로 센서, 데이터 처리 및 통신 기능을 통합하여 실시간으로 건강 상태를 모니터링하고 질병을 조기에 진단하는 데 활용
18		• (`23) 맞춤형 바이러스 (디자인 파지)	• 파지 치료는 박테리아를 감염시키는 바이러스인 파지를 이용하여 항생제 내성균을 포함한 다양한 세균 감염을 치료하는 방법으로, 맞춤형 바이러스 디자인 파지 개념은 파지 라이브러리 구축을 통한 환자 맞춤형 파지를 디자인하여 감염균을 제거함
19		• (`23) 정신 건강을 위한 메타버스	• 팬데믹 이후 급격히 증가한 정신 질환을 증강현실 또는 가상현실을 활용한 게임 플랫폼으로 치료
20		• (`23) 웨어러블 식물 센서	• 온도, 습도, 수분 및 영양 수준을 지속적으로 모니터링하기 위해 농작물에 부착할 수 있는 작은 비침습적 장치로, 수확량을 최적화하고 물, 비료 및 살충제를 줄이고, 질병의 초기 징후 감지 가능

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
21		• (`23) 공간 오믹스	• 고급 이미징 기술과 DNA 시퀀싱의 특이성 및 해상도를 결합함으로써, 분자수준에서 생물학적 프로세스의 대상, 위치 및 시기 매핑 가능하며, 이를 통해 인간과 다른 종에서 발생하는 무수한 생물학적 과정을 밝힐 수 있음
22		• (`23) 유연한 신경 전자 기술	• 기존의 뇌-기계 인터페이스는 칩과 같은 단단한 재료로 만들어져 장기적인 흉터와 불편함을 유발한 반면, 유연한 신경 전자 장치는 뇌에 순응하여 흉터 및 센서 드리프트를 줄일 수 있고, 한번에 수백만개의 뇌 세포를 자극할 충분한 센서로 채워질 수 있음
23		• (`23) AI 헬스케어 서비스	• AI와 기계학습을 의료에 통합하여 임박한 유행병을 예측하고 효과적으로 대처
24	KISTEP (`21)	• 비침습 생체정보 기반의 심혈관 질환 관리 기술	• 환자의 신체에 직접적인 상처를 내거나 체내에 기구를 삽입하지 않고, 외부에서 생체 정보를 수집하여 심혈관 질환을 진단하고 관리하는 기술
25	KISTI (`21-22)	• (`21) DNA에서 RNA로 확대	• 최근 연구 결과, RNA가 유전자 발현 조절, 세포 기능 조절, 질병 발생 등 다양한 생명 현상에 영향을 미치는 것으로 나타나, RNA 간섭(RNAi), RNA 백신, RNA 치료제 등 RNA를 활용한 다양한 치료 기술이 개발되고 있으며, 암, 유전 질환, 감염병 등 다양한 질병 치료에 기여 가능
26		• (`22) 스마트 감염 모니터링 솔루션	• 감염병 발생 및 확산을 예방하고 관리하기 위해 첨단 기술을 활용하여 감염 위험을 실시간으로 감시하고 예측하는 시스템으로 다양한 환자 및 환경데이터 수집, 빅데이터 분석, 실시간 모니터링 및 경보, 개인 맞춤형 감염 관리 등을 포함
27		• (`22) 바이오 안정성 시험	• 의약품, 화장품, 식품 등 바이오 제품의 품질과 안전성을 평가하기 위해 시간 경과에 따른 제품의 물리적, 화학적, 생물학적 변화를 관찰하고 분석하는 시험으로, 제품의 유효 기간 설정, 보관 조건 결정, 제품 성능 유지 등에 기여
28		• (`22) 차세대 맞춤형 항체	• 개인의 유전 정보, 질병 특성, 면역 반응 등을 고려하여 특정 질병에 대한 치료 효과를 극대화하고 부작용을 최소화하도록 설계된 항체로, 암 치료 및 자가면역 등의 희귀질환 치료가능성 확대에 기여할 것으로 예상

❑ 디지털 웰·빙 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

❍ 문헌분석 및 현 책임PM 추천 후보군 설정

<표 6-11> 디지털 웰·빙 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

순번	관련 유망 기술		연구주제 후보군	주요 내용
10	통증없는 마취와 시험을 위한 미세바늘	▶	브레인 브릿지	• 뇌-컴퓨터 인터페이스 (BCI) 기술과 뇌의 신경가소성을 이용한 척수신경 우회 및 비침습적 진단 및 수술
24	비침습 생체정보 기반의 심혈관 질환관리 기술			
22	유연한 신경 전자 기술			
14	질병진단 호흡센서			
1	메신저RNA 백신	▶	유전자 분석 및 편집기술	• 유전자 분석, 편집 기술 활용한 최초 치료제 개발
2	단백질 접힘 예측용 AI			
3	콜레스테롤 수치를 낮추는 CRISPR기술			
9	최초의 유전자편집 치료제			
13	게놈 합성			
21	공간오믹스			
25	DNA에서 RNA로의 확대			
7	고대 유전자 분석			
28	차세대 맞춤형 항체			
18	맞춤형 바이러스 (디자인 파지)			
6	원격진료를 통한 임신중절	▶	토탈 바이오헬스 솔루션	• 바이오 및 의료 기술, 헬스케어 분야 혁신을 위해 ICT 기술을 융합하여 질병 예방, 진단, 치료, 관리 전반에 걸쳐 포괄적인 솔루션을 제공
11	가상환자			
17	무선 바이오마커			
22	유연한 신경전자기술			
23	AI헬스케어 서비스			
26	스마트 감염 모니터링 솔루션			
19	정신건강을 위한 메타버스			
20	웨어러블 식물센서			
8	체중감량 약물	▶	100세시대 건강장수 솔루션	• 의약품의 한계를 대체하는 기술
16	건강장수 공학			
27	바이오 안정성시험			
12	디지털 의약품			
15	주문형의약품 제조			
5	주문형 장기이식	▶	인공장기	• 다양한 인공장기 이식 실현을 위한 인공장기 기술 개발
13	게놈 합성			
21	공간 오믹스			
5	주문형 장기이식			

4절 혁신첨단융합 분야 연구주제 도출

❑ 국내외 기관 선정 미래유망기술 및 분야 중 혁신첨단융합 관련 기술을 조사하여 기존의 패러다임을 변화시킬 변혁적 기술 후보군 및 연구 필요 분야를 도출

❍ 혁신첨단융합분야에서 세계가 주목하는 미래유망기술을 조사하여 연구주제 후보군 도출

<표 6-12> 혁신첨단융합 분야 미래유망 기술

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
1	MIT 테크놀로지 리뷰	• (`21) 인공지능을 위한 합성 데이터	• 실제 데이터를 수집하는 대신 컴퓨터 시뮬레이션이나 알고리즘을 통해 생성된 인위적인 데이터를 수집, 실제 데이터의 통계적 특성을 모방하도록 설계되어 AI 모델 학습에 활용
2		• (`21) 초정밀 위치정보 기술	• 기존 GPS의 정확도 한계를 극복하여 센티미터 수준의 정확도를 제공하는 기술로 궤도를 도는 위성과 지상 시스템의 업그레이드를 통해 센티미터 수준의 측위 정확도를 구현
3		• (`22) 지분증명	• 지분 증명(Proof of Stake, PoS) 블록체인 네트워크에서 합의 알고리즘의 한 종류로, 특정 암호화폐를 보유한 지분에 따라 블록 생성 및 검증 권한을 부여하는 방식
4		• (`23) 제임스웹 우주망원경	• 제임스웹 우주망원경(JWST)은 정밀 공학이 만들어낸 경이로움 그 자체이며, 망원경이 보내오는 데이터는 초기 우주에 대한 기존의 관점을 혁신적으로 바꿀 것으로 기대
5		• (`23) 이미지를 생성하는 AI	• 간단한 설명문으로 아름다운 이미지를 만들어내는 AI 모델이 영향력 있고 창의적이며 상업적인 도구로 진화할 것으로 기대
6		• (`23) 개방형 표준의 반도체 칩 설계	• 컴퓨터 안에 내장된 칩을 설계하는 것은 비용이 많이 들고 인증받기 어렵지만, 이는 리스크 파이브(RISC-V)라는 유명한 개방형 표준으로 인해 바뀔 전망
7		• (`23) 자동차 산업의 주류가 된 전기차	• 전기차는 지난 수십 년간 사용되어 왔지만, 드디어 주류로 자리 잡기 시작, 전기차 기술의 발전, 정부의 지원 정책, 환경 문제에 대한 인식 변화 등 다양한 요인이 복합적으로 작용한 결과임
8		• (`23) 군사용 드론의 대중화	• 군사 영역에서 개발되고 사용되던 드론 기술이 민간 영역으로 확산되어 일반 대중이 쉽게 접근하고 활용할 수 있게 되는 현상
9		• (`24) 모든 것을 위한 AI	• 챗GPT 같은 생성형 인공지능 도구 사용이 엄청난 속도로 확산되면서 산업계 전체의 방향이 재설정되는 중으로, 인공지능 기술이 단순히 기술적인 발전을 넘어 사회, 경제, 문화 등 다양한 분야에 걸쳐 혁신적인 변화를 가져올 것으로 예상
10		• (`24) 애플 비전 프로	• 모바일 컴퓨팅에서 공간 컴퓨팅으로의 진화를 시사하는 잠재력을 가진 기기로, 실물 로봇 연동 등 활용 범위가 무궁무진하게 확장될 예정

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
11		• (`24) 칩렛	• 반도체 제조업체들은 더 작은 트랜지스터를 개발하여 칩에 더 많이 집적하는 방식은 한계에 도달했다고 판단, 특정 기능을 위해 설계되어 서로 연결하여 시스템을 구축하는 더 작고 모듈화된 '칩렛' 개발
12		• (`24) 엑사급 컴퓨터	• 초당 100경 회 이상(엑사플롭)의 부동 소수점 연산을 수행, 이는 최신노트북 10만 대에 맞먹는 연산 능력을 갖고 있으며, 미국 테네시주 오크리지 국립연구소 프론티어 등장으로 '엑사스케일' 컴퓨터의 시대가 시작됨
13		• (`24) 트위터 킬러	• 많은 이용자들이 X(트위터)를 떠나 탈중앙화 소셜미디어로 이동하면서 새로운 SNS로 부상중
14	Gartner (`22-`24)	• (`22) 데이터 패브릭	• 데이터의 접근과 변환의 복잡성을 제거하고 내외부의 데이터들을 연결할 수 있는 확장성까지 겸비한 가치 중심의 데이터 통합 아키텍처
15		• (`22) 사이버보안 메시	• 분산된 기업 환경에서 각각의 자산을 보호하기 위한 유연하고 확장 가능한 보안 접근 방식
16		• (`22) 개인정보 보호 강화 컴퓨팅	• 개인정보 보호 및 보안을 유지하면서 데이터 처리 및 분석을 가능하게 하는 기술, 2025년까지 대기업의 60%가 PEC 기술을 사용할 것으로 전망
17		• (`22) 클라우드 네이티브 플랫폼	• 클라우드 컴퓨팅 모델의 이점을 활용하여 애플리케이션을 구축하고 실행하는 데 최적화된 기술 및 도구의 집합이며, 탄력성, 확장성, 민첩성을 제공하고 빠른 개발 주기와 혁신을 가능하게 함
18		• (`22) 초자동화	• 점점 더 많은 비즈니스 및 IT 프로세스를 신속하게 식별, 검증 및 자동화하기 위한 규율 있는 접근 방식으로, 단순 반복 작업뿐만 아니라 복잡하고 정교한 업무 프로세스까지 자동화하여 효율성을 극대화하는 것을 의미
19		• (`22) 의사결정 인텔리전스	• 데이터, 분석 모델, 비즈니스 지식을 결합하여 복잡한 의사결정 문제를 해결하고 최적화하는 데 활용되는 접근 방식으로, 단순히 데이터 분석 결과를 제시하는 것을 넘어, 의사결정 과정 전반에 걸쳐 인사이트를 제공하고 실행 가능한 권고안을 제시하여 의사결정의 효율성과 정확성을 높이는 것을 목표로 하는 기술
20		• (`22) 조합형 애플리케이션	• 모듈화, 오케스트레이션, 검색 가능성 및 자율성을 통해 애플리케이션 구축 방식을 발전시키는 접근 방식으로, 조합형 애플리케이션은 독립적으로 개발된 PBC(Packaged Business Capabilities)를 레고 블록처럼 조합하여 필요에 따라 유연하게 애플리케이션을 구성하고 변경할 수 있는 아키텍처를 의미함
21		• (`22) 인공지능 엔지니어링	• AI 모델의 성능, 확장성, 해석 가능성 및 신뢰성을 보장하기 위한 규율 있는 접근 방식으로, AI 모델 개발, 배포, 운영 전반에 걸쳐 체계적인 방법론과 도구를 적용하여 AI 프로젝트의 성공 가능성을 높이는 것을 의미

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
22		• (`22) 총체적 경험	• 고객 경험(CX), 사용자 경험(UX), 직원 경험(EX), 다중 경험(MX)을 결합하여 비즈니스 성과를 향상시키는 전략으로, 고객, 직원, 사용자 등 다양한 이해관계자의 경험을 통합적으로 관리하고 개선하여 비즈니스 경쟁력을 강화하는 것을 목표
23		• (`22) 자율자동화 시스템	• 인공지능(AI), 머신러닝(ML), 로봇 프로세스 자동화(RPA) 등의 기술을 활용하여 인간의 개입 없이 스스로 판단하고 실행하는 자동화 시스템을 의미하며, 미리 정의된 규칙이 아니라 데이터를 기반으로 학습하고 상황에 맞춰 스스로 판단하여 최적의 결정을 내리는 시스템
24		• (`22) 분산형 기업	• 원격 근무를 적극적으로 수용하고, 디지털 기술을 활용하여 물리적 위치에 제약 없이 업무를 수행하는 조직으로, 코로나19 팬데믹 이후 원격 근무가 확산되면서 분산형 기업 모델이 주목받고 있음
25		• (`22) 창조적 인공지능	• 데이터를 학습하여 유사한 콘텐츠를 생성하는 머신러닝(ML) 모델로서, 기존 데이터의 패턴을 학습하여 새로운 이미지, 텍스트, 음악, 코드 등을 생성하는 인공지능 기술을 의미함
26		• (`23) 디지털 면역 시스템	• 소프트웨어 엔지니어링 전략을 결합하여 시스템 복원력을 높이고 보안 위험을 완화하는 접근 방식으로, 시스템의 취약점을 사전에 예측하고 예방하며, 문제 발생 시 신속하게 대응하여 시스템의 안정성을 확보하는 것을 목표로 하는 데이터 중심의 시스템 복원력, 안전성 향상시스템
27		• (`23) 관찰 가능성 응용	• 시스템의 내부 상태를 외부 출력을 통해 이해하는 능력으로, 시스템에서 생성되는 로그, 메트릭, 트레이스 등의 데이터를 분석하여 시스템의 동작 방식과 문제 발생 원인을 파악하는 기술로 데이터 기반 의사 결정의 원천
28		• (`23-`24) AI 신뢰, 리스크 및 보안 관리	• AI 모델의 투명성, 신뢰성, 공정성, 견고성, 개인 정보 보호 및 데이터 보호를 보장하기 위한 정책, 프로세스 및 프레임워크를 의미
29		• (`23-`24) 산업 클라우드 플랫폼	• 특정 산업의 요구사항을 충족하도록 설계된 클라우드 서비스의 조합으로, 산업별 특화된 기능, 데이터, 애플리케이션, 전문 지식을 제공하여 기업이 해당 산업의 디지털 전환을 가속화하고 경쟁 우위를 확보할 수 있도록 지원하여 종속현상을 방지하고 및 혁신을 지원
30		• (`23-`24) 플랫폼 엔지니어링	• 셀프 서비스 내부 개발자 플랫폼(IDP)을 구축하고 운영하는 것에 초점을 맞춘 엔지니어링 및 운영 기능으로, 개발자가 애플리케이션을 쉽고 빠르게 개발, 배포, 운영할 수 있도록 지원하는 플랫폼을 구축하고 관리하는 것을 의미하며 소프트웨어 제공 및 수명 주기 관리 기술을 총칭
31		• (`23) 무선의 가치 실현	• 단순한 연결성을 넘어 다양한 무선 기술을 활용하여 비즈니스 가치를 창출하는 것으로, 기업들은 Wi-Fi, 5G, 저전력 광대역(LPWA) 등 다양한 무선

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
			기술을 통합적으로 활용하여 새로운 서비스를 개발하고, 운영효율성을 높이며, 고객경험을 개선하는 무선 솔루션 제공
32		• (`23) 슈퍼앱	• 최종 사용자에게 일련의 핵심 기능과 독립적으로 생성된 미니앱에 대한 접근을 함께 제공하는 앱으로, 플랫폼 및 생태계 기능을 하나로 결합
33		• (`23) 적응형 AI	• 변화하는 상황에 실시간으로 적응하고 목표를 달성하기 위해 학습하고 조정하는 AI 시스템으로, 실시간 피드백 사용으로 변화, 변경에 최적화됨
34		• (`23) 메타버스	• 사람들이 디지털 공간에서 상호작용하고 가치를 교환할 수 있는 3차원 가상 공간의 집합체로서, 가상현실(VR)과 증강현실(AR)을 포괄하는 개념으로, 현실 세계와 가상 세계가 융합된 새로운 디지털 환경을 의미
35		• (`24) 지속적인 위협노출관리	• 조직의 디지털 및 물리적 자산의 접근성, 노출 및 악용 가능성을 지속적으로 평가하고 관리하는 실용적이고 체계적인 접근 방식
36		• (`24) AI 증강 개발	• 소프트웨어 개발 라이프사이클 전반에 걸쳐 AI 기술을 활용하여 개발자의 생산성과 효율성을 향상시키는 접근 방식으로, 인공지능 기술을 활용하여 코드 작성, 테스트, 디버깅, 배포 등 개발 프로세스 전반을 자동화하고 지원하여 개발 부담을 줄이고 개발속도를 높이는 것을 목표로 함
37		• (`24) 지능형 애플리케이션	• 인공지능(AI) 기술을 활용하여 사용자 경험을 개선하고 비즈니스 프로세스를 자동화하는 애플리케이션으로, 인공지능 기술을 내장하여 사용자에게 더욱 개인화되고 효율적인 서비스를 제공하며, 기업의 생산성과 의사결정 향상에 기여
38		• (`24) 보편화된 생성형 AI	• 비즈니스 사용자가 내외부의 방대한 정보에 접근하고 이를 활용하여 콘텐츠, 제품, 서비스를 생성할 수 있도록 지원하는 기술로서, 전문 지식이나 기술 없이도 누구나 쉽게 AI를 활용하여 창작 활동을 할 수 있는 환경을 의미
39		• (`24) 기계 고객	• 인간의 개입 없이 자율적으로 제품이나 서비스를 구매하고 사용하는 인공지능(AI) 시스템
40		• (`24) 증강 · 연결된 인력	• 인공지능(AI)과 자동화를 활용하여 클라우드 비용을 최적화하고 관리하는 프로세스로서, 클라우드 비용 관리에 AI 및 자동화 기술을 적용하여 효율성을 높이고 비용 절감 효과를 극대화하는 것을 목표로 함
41	세계경제 포럼 (WEF)	• (`20) 공간 컴퓨팅	• 디지털 콘텐츠와 정보를 현실 세계의 물리적 공간에 통합하는 기술로, 컴퓨터가 물리적 공간을 이해하고 그 안에서 상호 작용하도록 하는 기술
42		• (`20) 양자 센싱	• 양자 역학의 원리를 이용하여 기존 센서보다 훨씬 더 민감하고 정밀한 측정을 가능하게 하는 기술로 양자 얽힘, 중첩 등 양자 현상을 활용하여 물리량을 측정하고, 기존 기술로는 감지하기 어려웠던 미세한 변화를 감지
43		• (`21) 무선신호 생산	• 주변 환경에 존재하는 무선 주파수 신호를

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
		에너지	수집하여 전력으로 변환하는 기술로 에너지 하베스팅(Energy Harvesting) 기술의 한 종류이며, 버려지는 에너지를 재활용하여 소형 전자 장치에 전력을 공급하거나 배터리 수명을 연장하는 데 활용 가능함
44		• (`21) 우주 사물인터넷(IoT)	• 지구 궤도 또는 심우주에 배치된 수많은 센서, 위성, 우주선 등이 서로 연결되어 데이터를 주고받으며, 지구와 우주 환경에 대한 정보를 수집하고 분석하는 기술로, 기존의 지구 중심 사물인터넷(IoT) 개념을 우주 공간으로 확장한 개념이며, 우주 탐사, 환경 모니터링, 통신, 자원 개발 등 다양한 분야에 활용 기대
45		• (`23) 생성형 인공지능	• 기존 데이터를 학습하여 새로운 콘텐츠(텍스트, 이미지, 음악, 코드 등)를 생성하는 인공지능 기술로, 단순히 콘텐츠 생성을 넘어 다양한 산업 분야에서 혁신을 가져올 잠재력을 가진 기술
46		• (`23) 지속 가능 컴퓨팅	• 환경에 미치는 영향을 최소화하면서 컴퓨팅 기술을 개발하고 사용하는 것으로, 에너지 효율성을 높이고 탄소 배출량을 줄이며, 자원 소비를 최소화하는 방식으로 컴퓨팅 기술을 활용함
47	Deloitte (`22-24)	• (`22) 안전하고 손쉽게 공유하는 데이터	• 안전하고 손쉽게 공유하는 데이터 개념은 데이터의 활용 가치를 극대화하면서도 개인정보 보호 및 보안 문제를 해결하고, 데이터 접근성과 활용 편의성을 높이는 것을 목표로 함
48		• (`22) 기업 경쟁력을 강화하는 버티컬 클라우드	• 특정 산업 또는 분야에 특화된 클라우드 서비스로, 특정 산업의 고유한 요구사항, 규제, 비즈니스 프로세스 등을 고려하여 맞춤형 클라우드 서비스를 제공하는 기술
49		• (`22) 비즈니스 영역에 본격 진출한 블록체인	• 블록체인은 암호화폐를 넘어 다양한 비즈니스 영역에서 혁신을 가져올 기술로, 단순히 분산원장 기술(DLT)로 정의되던 블록체인은 이제 금융, 공급망 관리, 의료, 부동산 등 다양한 산업 분야에서 활용되며, 투명성, 보안성, 효율성을 높이는 데 기여
50		• (`22) 스스로 파괴적 혁신하는 정보기술: 대규모 자동화	• 대규모 자동화는 인공지능(AI), 머신러닝(ML), 로봇 프로세스 자동화(RPA) 등의 기술을 활용하여 기업의 다양한 업무 프로세스를 자동화하는 것을 의미하며, 단순 반복 작업뿐만 아니라 복잡하고 정교한 의사결정 과정까지 자동화하여 효율성을 극대화하고, 기존의 비즈니스 모델을 파괴하며 새로운 가치를 창출하는 혁신에 기여함
51		• (`22) 사이버 인공지능: 진정한 방어	• 사이버 공격에 대한 방어를 위해 인공지능(AI) 기술을 적극적으로 활용하여 위협 탐지 및 대응, 자동화된 보안 운영, 지능형 위협 예측 등에 적용
52		• (`22) 확장하는 물리적 기술 스택	• 디지털 기술과 물리적 세계의 융합이 가속화되면서, 기업들이 기존의 IT 인프라 외에도 다양한 물리적 기술들을 활용하여 비즈니스를 혁신하고 새로운 가치를 창출하는 기술을 의미함
53		• (`23) 스크린을 탈출한 기업용 몰입형 인터넷	• 가상 현실(VR), 증강 현실(AR), 혼합 현실(MR) 등의 기술을 활용하여 기존의 2차원적인 화면

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
			기반 인터페이스를 벗어나 3차원 공간에서 업무를 수행하고 협업할 수 있는 환경을 제공하며, 단순히 시각적인 변화를 넘어, 직원들의 업무 방식과 소통 방식을 혁신적으로 변화시킬 것으로 기대
54		• (`23) AI 동료에게 마음을 열고 신뢰하기	• AI 동료에게 마음을 열고 신뢰하는 것은 인공지능 기술이 발전함에 따라 점점 더 중요해지는 개념으로, AI는 단순한 도구를 넘어 우리의 삶과 업무에 깊숙이 들어와 협력하며, AI 동료에게 마음을 열고 신뢰하는 것은 인간과 AI 간의 협력을 극대화하고 더 나은 결과를 얻는 데 중요한 요소
55		• (`23) 멀티클라우드의 혼란 극복	• 멀티클라우드 환경은 기업에게 유연성, 확장성, 비용 효율성 등 다양한 이점을 제공하지만, 동시에 복잡성 증가, 관리 어려움, 보안 위험 등의 혼란을 야기하기 때문에, 통합관리 및 모니터링 플랫폼, 표준 아키텍처 등의 기술 개발이 필요
56		• (`23) 유연한 관리로 IT 인력 재창조	• 급변하는 기술 환경과 디지털 전환 가속화는 IT 인력 관리에도 새로운 접근 방식을 요구하며, 유연한 관리를 통해 IT 인력을 재창조하는 것은 단순히 업무 방식을 바꾸는 것을 넘어, 직원들의 역량을 강화하고 혁신을 주도하는 조직 문화를 만드는 것을 의미함
57		• (`23) 탈중앙화 아키텍처와 생태계, 진정한 신뢰의 기반	• 중앙 집중형 권한에서 벗어나 사용자 커뮤니티 전체를 신뢰 기반으로 삼는 시스템으로, 기존의 중앙 집중형 시스템과 달리 권한과 책임이 분산되어있고, 참여자 간 합의를 통해 운영되는 시스템
58		• (`23) 메인프레임의 현대화로 레거시 자산 재탄생	• 메인프레임의 현대화로 레거시 자산 재탄생은 기존 메인프레임 시스템을 최신 기술과 통합하여 활용도를 높이고 새로운 비즈니스 가치를 창출하는 것을 의미하며, 단순히 시스템 업그레이드를 넘어, 기업의 디지털 전환 전략의 핵심 요소로 작용할 것으로 기대
59		• (`24) 새로운 장소의 인터페이스: 공간 컴퓨팅 및 산업용 메타버스	• 디지털 정보와 콘텐츠를 3차원 공간에 투영하여 현실 세계와 상호 작용하는 공간 컴퓨팅 기술을 산업 현장에 적용하여 생산성, 효율성, 안전성 향상을 목표로 하며, 실제 작업 환경을 시뮬레이션하고, 원격 협업, 교육, 훈련 등을 수행하며, 실시간 데이터 분석 및 시각화를 통해 의사결정을 지원함
60		• (`24) 병에서 나온 지니: 성장 촉매로서의 생성적 AI	• 생성형 AI는 마치 램프에서 나온 지니처럼 우리의 소원을 현실로 만들어주는 마법과도 같은 기술로, 단순히 콘텐츠를 생성하는 것을 넘어, 기업의 성장과 혁신을 이끄는 강력한 촉매제 역할 기대
61		• (`24) 더 똑똑하고 어렵지 않음: 무차별 대입 컴퓨팅을 뛰어넘음	• 가능한 모든 경우의 수를 시도하여 문제를 해결하는 방식은 간단한 문제에는 효과적일 수 있지만, 복잡한 문제에는 시간과 자원이 너무 많이 소요되어 비효율적으로, 최근 AI 기술의 발전으로 무차별 대입 컴퓨팅의 한계를 극복하고, 데이터기반 학습, 휴리스틱 기반 탐색 등의

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
			효율적인 문제해결 방식을 제시함
62		• (`24) DevOps에서 DevEx까지: 엔지니어링 경험 강화	• DevOps는 소프트웨어 개발(Dev)과 운영(Ops)을 통합하여 개발 속도와 품질을 향상시키는 방법론이며, 최근에는 한 단계 더 나아가 개발자 경험(Developer Experience, DevEx)을 강조하는 추세로, DevEx는 개발자가 소프트웨어 개발 과정에서 느끼는 경험을 의미하며, 개발 생산성, 만족도, 몰입도 등에 영향을 미침
63		• (`24) 핵심 운동: 기술 부채부터 기술 웰니스까지	• 기업들이 기술 부채(Technical Debt)를 관리하고 기술 자산(Technical Wealth)을 축적하여 장기적인 성장을 이루는 것을 의미함
64	KISTEP (`21-`24)	• (`21) 교통약자를 위한 Level 4 자율주행 자동차	• 레벨 4 자율주행 자동차는 특정 조건 하에서 운전자 개입 없이 스스로 운행이 가능한 수준의 자율주행 기술을 의미하며, 교통약자들에게 이동의 자유를 제공하고 삶의 질을 향상시키는 데 혁신적인 역할 기대
65		• (`21) LXP 기반의 개인 맞춤형 큐레이션 기술	• 습자 개개인의 특성, 학습 목표, 선호도 등을 고려하여 최적화된 학습 콘텐츠와 경로를 추천하는 기술로, 학습 관리 시스템(LMS)의 기능을 확장하여 학습자 중심의 맞춤형 학습 경험을 제공하고, 다양한 학습 콘텐츠, 소셜 러닝, 학습 분석 등을 지원하며, 사용자 친화적인 인터페이스를 제공
66		• (`21) 자율주행 기반의 라스트마일 딜리버리 서비스	• 고객에게 상품을 배송하는 마지막 단계인 "라스트 마일" 구간에 자율주행 기술을 적용한 배송서비스로서, 전통적인 배송 방식보다 효율적이고 안전하며, 비용 절감 효과까지 기대할 수 있어 유통 및 물류 업계에서 주목
67		• (`21) 지능형 엣지 컴퓨팅	• 데이터 생성 지점과 가까운 네트워크 엣지에서 인공지능(AI) 처리를 수행하는 컴퓨팅 패러다임으로, 데이터를 생성하는 장치 또는 그 근처에서 실시간으로 처리하여 지연 시간을 줄이고 대역폭 사용량을 줄이며, 더 빠르고 효율적인 의사 결정을 가능하게 함
68		• (`21) VR/홀로그램 기반 실시간 협업 플랫폼	• VR/홀로그램 기반 실시간 협업 플랫폼은 가상 현실(VR) 또는 홀로그램 기술을 활용하여 물리적으로 떨어져 있는 사람들이 마치 한 공간에 있는 것처럼 느끼며 실시간으로 협업할 수 있도록 지원하는 플랫폼으로, 시공간 제약을 극복하고 협업 효율성을 증대시킬 것으로 기대
69		• (`21) 인터페이스의 벽을 허무는 Beyond Screen 기술	• 전통적인 화면 기반 인터페이스를 넘어, 사용자와 디지털 세계 간의 상호 작용 방식을 혁신하는 기술을 의미하며, 음성, 제스처, 시선, 뇌파 등 다양한 입력 방식을 활용하여 사용자에게 더욱 직관적이고 자연스러운 경험을 제공하고, 디지털 정보를 현실 세계에 융합하여 새로운 차원의 상호 작용을 가능하게 하는 기술
70		• (`21) 초연결 시대의	• 초연결 시대에는 수많은 기기와 시스템이

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
		사이버 지킴이, 인공지능 보안기술	네트워크로 연결되어 편리함을 제공하지만, 동시에 사이버 공격의 위험성도 증가하므로, 이러한 위협에 대응하기 위해 인공지능(AI) 기반 보안 기술을 활용해 기존의 보안 솔루션으로는 탐지하기 어려운 복잡하고 지능적인 공격을 예측하고 방어하여 사이버공간의 안전을 지키는 기술
71		• (`21) 비대면 초실감 미디어 제작 및 중계 기술	• 물리적인 제약 없이 실제와 유사한 경험을 제공하는 미디어 콘텐츠를 제작하고 실시간으로 전달하는 기술로, 코로나19 팬데믹 이후 비대면 활동이 증가하면서, 현장감과 몰입감을 높여 생생한 경험을 제공하는 초실감 미디어 기술을 의미함
72		• (`23) 자율 무인 이동체 활용을 위한 인프라 통합 보안 기술	• 자율주행 자동차, 드론, 로봇 등 다양한 자율 무인 이동체가 안전하고 효율적으로 운영될 수 있도록 지원하는 보안 기술을 의미하며, AUV가 통신하는 데이터 보안, 통신 보안, 시스템 보안 등 다양한 측면을 포괄적으로 고려하는 기술.
73		• (`23) 인공지능 기반 지능형 사이버 보안 관제 및 자동대응 기술	• 인공지능(AI)과 머신러닝(ML) 기술을 활용하여 사이버 위협을 탐지, 분석, 대응하는 데 활용되는 기술로, 기존의 규칙 기반 보안 시스템은 알려진 위협에만 대응할 수 있었지만, AI 기반 보안 시스템은 새로운 유형의 위협을 학습하고 예측하여 더욱 효과적으로 대응 가능한 기술
74		• (`23) 5G/6G 네트워크 보안 기술	• 5G/6G 네트워크는 높은 속도, 낮은 지연 시간, 대규모 연결성을 제공하여 다양한 서비스를 가능하게 하지만, 동시에 보안 취약점도 증가시키므로, 5G 및 차세대 6G 이동통신 네트워크에서 발생할 수 있는 다양한 보안 위협으로부터 사용자 데이터와 시스템을 보호하기 위한 기술
75		• (`23) 제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화 기술	• 인공지능(AI), 머신러닝(ML) 등의 기술을 활용하여 제조 공급망과 시스템 전반의 보안 취약점을 자동으로 탐지하고 분석하여, 사이버 공격 및 데이터 유출 등의 위험을 예방하는 기술
76		• (`23) 프라이버시 강화 데이터 안전 활용을 위한 동형암호 등 기능형 암호 및 응용기술	• 데이터 경제 시대에 데이터는 중요한 자원으로 인식되지만, 개인정보 보호 및 데이터 보안 문제는 여전히 중요한 과제이며, 이러한 문제를 해결하고 데이터 활용 가치를 높이기 위해 동형암호(Homomorphic Encryption), 기능형 암호(Functional Encryption) 및 응용 기술이 주목중
77		• (`23) 메타버스 등 가상환경에서의 사용자 보호 및 보안 기술	• 메타버스는 현실 세계와 유사한 사회적, 경제적 활동이 가능한 3차원 가상 세계로, 사용자의 개인정보, 디지털 자산, 신원 등을 보호하고 안전한 가상 환경을 구축하기 위한 기술이 필요하며, 사용자 보호 및 보안 기술은 메타버스의 지속적인 성장과 발전을 위해 필수적인 기술
78		• (`23) 양자시대의 절대적 데이터보안을 위한 양자암호기술	• 양자 컴퓨터의 발전은 기존 암호 체계를 무력화할 수 있어, 양자 시대의 절대적인 데이터 보안을 위해 양자 암호 기술을 도입, 양자 역학의 원리를 이용하여 도청 불가능한 암호 키를 생성하고 분배하는 기술로, 양자 컴퓨터의 공격에도 안전한

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
			보안 환경을 구축 가능
79		• (`23) 디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적기술	• 디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적 기술은 인공지능(AI), 빅데이터, 블록체인 등 첨단 기술을 활용하여 사이버 범죄를 예방하고, 범죄 발생 시 신속하게 추적하여 피해를 최소화 하는 기술로, 사이버위협 인텔리전스, 행위기반 분석, 딥페이크 탐지기술, 블록체인 기반 추적 시스템, 다크웹 모니터링 기술을 포함
80		• (`23) 안전한 가상화 환경 활용을 위한 클라우드, 엣지 보안 기술	• 현대 IT 인프라의 핵심인 클라우드 컴퓨팅과 엣지 컴퓨팅 등의 가상화 환경은 데이터 유출, 무단 접근, 서비스 중단 등 다양한 보안 위협에 노출되어 있어, 안전한 가상화 환경 활용을 위해서는 클라우드 및 엣지 보안 기술에 대한 이해와 적용이 필수적임
81		• (`23) 안전한 디지털 경제 활용을 위한 암호화폐 신뢰성 보장 기술	• 암호화폐 거래 및 자산 관리의 안전성, 투명성, 신뢰성을 확보하기 위한 다양한 기술적 접근 방식을 의미하며, 암호화폐 시장이 성장하고 제도권 편입이 가속화됨에 따라 그 중요성이 커짐
82		• (`24) 거대언어모델 기반 텍스트 생성형 인공지능 기술	• 대규모 텍스트 데이터를 학습하여 인간과 유사한 방식으로 텍스트를 생성하는 인공지능 기술로, 자연어 처리(NLP) 분야의 최신 발전을 기반으로 하며, 방대한 양의 텍스트 데이터를 학습하여 문맥을 이해하고, 질문에 답변하거나, 창의적인 글을 작성하는 등 다양한 작업을 수행가능한 기술
83		• (`24) 자율 이미지 및 영상 생성형 인공지능 기술	• 자율 이미지 및 영상 생성형 인공지능 기술은 인간의 개입 없이 스스로 이미지나 영상을 생성하는 인공지능 기술로, 딥러닝 기반 모델을 사용하여 방대한 양의 데이터를 학습하고, 이를 바탕으로 새로운 이미지와 영상을 생성하는 기술
84		• (`24) 신경망처리 기반 인공지능 전용칩	• 인간의 뇌 신경망 구조를 모방하여 설계된 인공신경망 연산에 특화된 반도체 칩으로, 기존의 범용 CPU나 GPU와 달리 AI 알고리즘 처리에 최적화되어 있어 빠른 속도, 높은 에너지 효율성, 대규모 데이터 처리 능력을 제공함
85		• (`24) 지능형 개인 맞춤 서비스 인공지능 기술	• 인공지능(AI) 기술을 활용하여 사용자 개개인의 특성, 선호도, 행동 패턴 등을 분석하고, 이를 기반으로 맞춤형 서비스와 콘텐츠를 제공하는 기술로, 사용자 만족도를 높이고, 기업의 경쟁력을 강화하는 데 중요한 역할을 함
86		• (`24) 감성내재 음성 생성형 인공지능 기술	• 텍스트를 입력받아 사람처럼 자연스러우면서도 특정 감정을 담은 음성을 생성하는 인공지능 기술로, 기존의 텍스트 음성 변환(TTS) 기술은 문맥에 맞는 억양이나 감정 표현에 한계가 있었지만, 감성내재 음성 생성형 AI는 딥러닝 모델을 통해 음성 데이터를 학습하여 더욱 풍부하고 자연스러운 감정 표현을 가능하게 함
87		• (`24) 클라우드 기반 머신러닝 플랫폼 기술	• 머신러닝(ML) 모델 개발, 학습, 배포, 운영을 위한 통합 환경을 클라우드 상에서 제공하는 기술로, 기업이나 개인이 자체적으로 머신러닝

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
			인프라를 구축하고 관리해야 하는 부담을 줄여주고, 필요한 만큼의 자원을 유연하게 사용할 수 있도록 지원하는 기술
88		• (`24) 코딩 보조용 생성형 언어 모델 기술	• 인공지능(AI) 기술의 한 분야로, 대규모 코드 데이터셋을 학습하여 개발자가 코드를 작성할 때 자동 완성, 코드 생성, 오류 수정 등을 지원하는 기술로, 거대 언어 모델(LLM), 자연어 처리(NLP), 코드 분석, 맥락 인식, 지속적인 학습 등의 개념을 포함함
89		• (`24) 멀티모달 통합 인식 및 생성 인공지능 기술	• 텍스트, 이미지, 음성, 영상 등 다양한 형태의 데이터를 함께 이해하고 처리하여 새로운 콘텐츠를 생성하거나, 다양한 모달리티 간의 변환을 가능하게 하는 인공지능 기술로, 딥러닝, 자연어 처리, 컴퓨터 비전, 음성인식 등의 기술을 포괄함
90		• (`24) 인공지능 신뢰성 및 안전성 제고 기술	• 인공지능(AI) 시스템이 인간에게 해를 끼치지 않고, 의도한 대로 작동하며, 윤리적 기준에 부합하도록 설계, 개발, 운영하는 데 필요한 기술로, AI 시스템의 신뢰성과 안전성을 확보하는 설명가능한 AI, 공정성 AI, 견고한 AI, 책임있는 AI, 안전한 AI 등의 개념을 포함함
91		• (`24) 인공지능 오픈 마켓플레이스 플랫폼 기술	• 인공지능(AI) 모델, 알고리즘, 데이터 등 AI 관련 자원을 개발자, 기업, 연구기관 등 다양한 사용자가 자유롭게 거래하고 공유할 수 있는 온라인 플랫폼으로, AI 모델 검색 및 필터링, AI 모델 평가, AI 모델 학습 및 배포 등의 기능을 제공
92	KISTI (`21-`23)	• (`21) 딥러닝	• 인공지능(AI)의 한 분야로, 인간의 뇌 신경망 구조를 모방한 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN)을 기반으로 하며, 여러 층의 인공 뉴런들이 연결되어 복잡한 문제를 해결하고 학습하는 기술
93		• (`21) 기생컴퓨팅	• 어렵고 복잡한 계산 문제를 해결하기 위해 전 세계에 분산된 컴퓨터의 웹 서버를 이용하는 기술로, 분산 처리, 웹서버 활용, 패킷 전송 및 결과 취합 등의 개념을 포함하는 기술
94		• (`21) 플랫폼기반커뮤니티	• 플랫폼 기반 커뮤니티는 특정 플랫폼을 기반으로 형성되고 운영되는 온라인 커뮤니티를 의미하며, 이러한 플랫폼은 사용자 간의 상호 작용을 촉진하고 콘텐츠 공유, 정보 교환, 친목 도모 등 다양한 활동을 지원하는 기능을 제공
95		• (`21) 애자일/래자일 매뉴팩처링	• 애자일 매뉴팩처링은 시장 변화에 빠르게 대응하고 고객 요구에 맞춰 제품을 생산하는 것을 목표로 하며, 유연한 생산 시스템, 실시간 데이터 분석, 협업 도구 등을 활용하여 제품 개발 주기를 단축하고 생산 효율성 제고 등의 역할을 함 • 레질리언트 매뉴팩처링은 예측 불가능한 상황(자연재해, 공급망 붕괴, 팬데믹 등)에도 생산 중단 없이 운영을 지속할 수 있는 능력을 의미하며, 공급망 다변화, 재고 관리 최적화, 생산 시설 자동화 등을 통해 위험 요소를 최소화하고 회복 탄력성을 높이는데 기여함

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
96		• (`22) 우주 로봇	• 우주 로봇은 우주 공간, 우주 정거장, 행성 표면 등에서 인간을 대신하여 다양한 작업을 수행하는 로봇으로, 극한 환경에서 작동해야 하므로 일반 로봇보다 높은 내구성과 정밀성이 요구됨
97		• (`22) 디지털 농업	• 농업 생산성과 효율성을 높이기 위해 첨단 기술을 활용하는 농업 방식으로, 인공지능(AI), 사물 인터넷(IoT), 빅데이터, 로봇, 드론 등 다양한 기술을 접목하여 농작물 생육 환경을 최적화하고, 생산량 증대, 품질 향상, 비용 절감 등을 목표로 함
98		• (`23) All-connected 스마트 모빌리티 기술	• 차량, 인프라, 사용자 등 모든 이동 주체가 상호 연결되어 실시간 정보를 공유하고 이를 기반으로 안전하고 효율적인 이동 서비스를 제공하는 기술로서, 5G, IoT, 인공지능, 빅데이터 등 첨단 기술을 융합하여 교통 체증 완화, 사고 예방, 편의성 증대 등의 가치 창출을 목표로 함
99		• (`23) 스마트-공간을 위한 차세대 통신 기술	• 스마트 공간은 물리적 공간에 다양한 센서, 네트워크, 인공지능(AI) 기술을 융합하여 사용자에게 편리하고 안전하며 효율적인 서비스를 제공하는 공간을 의미하며, 스마트 시티, 스마트 팩토리, 스마트 홈 등을 포함하는 개념으로, 이러한 스마트 공간 구현을 위해서는 차세대 통신 기술이 필수적임
100		• (`23) 안전한 IoT를 위한 지능형 보안 기술	• 인공지능(AI)과 머신러닝(ML)을 활용하여 IoT 기기 및 네트워크에서 발생하는 다양한 보안 위협을 탐지, 분석, 대응하는 기술로, 머신러닝 기반 위협 탐지, 행위 기반 분석, 자동화된 대응, 취약점 분석 및 보안 관제 등의 개념을 포함
101		• (`23) 인간을 보완하는 소프트 로봇 기술	• 소프트 로봇 기술은 유연하고 신축성 있는 소재를 사용하여 인간과 유사한 움직임을 구현하는 로봇 기술로서, 기존의 단단한 소재로 만들어진 로봇과 달리 부드럽고 유연한 움직임이 가능하여 인간과의 안전한 상호작용을 가능하게 하므로, 인간의 능력을 보완하고 삶의 질을 향상시키는 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대
102		• (`23) 인공지능 반도체의 핵심, 뉴로모픽 소자 기술	• 뉴로모픽 소자는 인간 뇌의 뉴런과 시냅스 동작 방식을 모방하여 설계된 차세대 반도체 소자로, 기존의 컴퓨터는 폰 노이만 구조에 기반하여 연산과 저장을 분리하여 처리하는 반면, 뉴로모픽 소자는 연산과 저장을 동시에 수행하는 인간 뇌의 특성을 모방하여 병렬 처리 및 저전력 구현이 가능하며, 인공지능(AI) 기술 발전에 핵심적 기여
103		• (`23) 시공간 대칭성 활용 미래 양자시스템 제어-설계 기술	• 양자 시스템은 양자역학의 원리를 따르는 미시 세계의 시스템으로, 이러한 양자 시스템의 특성을 활용하여 컴퓨팅, 통신, 센싱 등 다양한 분야에서 혁신이 이루어지고 있으며, 시공간 대칭성을 활용한 양자 시스템 제어 및 설계 기술은 미래 양자 기술 발전의 핵심 요소로 주목받는 중으로, 양자상태 제어, 양자 오류보정, 양자 시뮬레이션, 양자소재 개발, 양자 통신 등의 기술을 포괄함

❑ 혁신첨단융합 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

❍ 문헌분석 및 현 책임PM 추천 후보군 설정

<표 6-13> 혁신첨단융합 분야 연주주제 후보군 도출 결과(안)

순번	관련 유망 기술		연구주제 후보군	주요 내용
5	이미지 생성 AI			
9	모든 것을 위한 AI			
10	애플 비전 프로			
1	인공지능을 위한 합성데이터			
21	인공지능 엔지니어링			
25	창조적 인공지능			
33	적응형 AI			
38	보편화된 생성형 AI			
39	기계 고객			
45	생성형 인공지능			
54	AI 동료에게 마음을 열고 신뢰하기			
60	병에서 나온 지니: 성장 촉매로서의 생성적 AI			
61	더 똑똑하고 어렵지 않음: 무차별 대입 컴퓨팅을 뛰어넘음	▶	인간처럼 이해, 추론, 판단하는 AI	• Transformer 아키텍쳐 한계를 뛰어넘는 Beyond Transformer 모델 연구
67	지능형 엣지 컴퓨팅			
82	거대언어모델 기반 텍스트 생성형 인공지능 기술			
83	자율 이미지 및 영상 생성형 인공지능 기술			
84	신경망처리 기반 인공지능 전용칩			
85	지능형 개인 맞춤 서비스 인공지능 기술			
89	멀티모달 통합 인식 및 생성 인공지능 기술			
92	딥러닝			
93	기생컴퓨팅			
102	인공지능 반도체의 핵심, 뉴로모픽 소자 기술			
103	시공간 대칭성 활용 미래 양자시스템 제어-설계 기술			
42	양자센싱			
14	데이터 패브릭			
27	관찰가능성 응용			
18	초자동화	▶	초인공지능 개발 기반 기술 (ASI)	• 뇌 신호를 분석·해독을 위한 신경 인터페이스 기술 • 대량의 데이터를 분석해 고품질 예측을 하는 기술 • 능력, 발성, 뇌파, 신체 언어의 패턴을 분석한 동물과의 의사소통 기술 등이
19	의사결정 인텔리전스			
23	자율자동화 시스템			
40	증강연결된 인력			
50	스스로 파괴적 혁신하는 정보기술			

순번	관련 유망 기술		연구주제 후보군	주요 내용
	대규모 자동화			포함
15	사이보보안 메시		진보된 보안정보 전달기술	• 데이터 무결성과 기밀성을 동시에 보장하며, 미래 • 레이저통신체계
16	개인정보 보호 강화 컴퓨팅			
26	디지털 면역 시스템			
28	AI 신뢰, 리스크 및 보안관리			
35	지속적인 위험노출관리			
47	안전하고 손쉽게 공유하는 데이터			
51	사이버 인공지능 진정한 방어			
55	멀티클라우드 혼란 극복			
70	초연결 시대의 사이버 지킴이, 인공지능 보안기술			
72	자율 무인 이동체 활용을 위한 인프라 통합 보안 기술			
73	인공지능 기반 지능형 사이버 보안 관제 및 자동대응 기술			
74	5G/6G 네트워크 보안 기술			
75	제조(산업) 공급망 및 시스템 보안 취약점 진단 자동화 기술	▶		
76	프라이버시 강화 데이터 안전 활용을 위한 동형암호 등 기능형 암호 및 응용기술			
77	메타버스 등 가상환경에서의 사용자 보호 및 보안 기술			
78	양자시대의 절대적 데이터보안을 위한 양자암호기술			
79	디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적기술			
80	안전한 가상화 환경 활용을 위한 클라우드, 엣지 보안 기술			
81	안전한 디지털 경제 활용을 위한 암호화폐 신뢰성 보장 기술			
90	인공지능 신뢰성 및 안전성 제고 기술			
100	안전한 IoT를 위한 지능형 보안 기술			
17	클라우드 네이티브 플랫폼		무연사회 대응을 위한 과학기술 활용방안	• 무연사회에서 협연사회로 이동이 가능하도록 신개념 비즈니스 모델 • 새로운 서플라인체인 구축 플랫폼
24	분산형 기업			
29	산업 클라우드 플랫폼			
30	플랫폼 엔지니어링			
48	기업 경쟁력을 강화하는 버티컬 클라우드			
49	비즈니스 영역에 본격 진출한 블록체인	▶		
53	스크린을 탈출한 기업용 몰입형 인터넷			
56	유연한 관리로 IT 인력 재창조			
57	탈중앙화 아키텍처와 생태계, 진정한 신뢰의 기반			
59	새로운 장소의 인터페이스: 공간컴퓨팅 및 산업용 메타버스			

순번	관련 유망 기술
63	핵심 운동: 기술 부채부터 기술 웰니스까지
68	VR/홀로그램 기반 실시간 협업 플랫폼
87	클라우드 기반 머신러닝 플랫폼 기술
91	인공지능 오픈 마켓플레이스 플랫폼 기술
95	애자일/래자일 매뉴팩처링
97	디지털 농업
58	메인프레임의 현대화로 레거시 자산 재탄생
22	총체적 경험
34	메타버스
36	AI증강 개발
41	공간컴퓨팅
44	우주 사물인터넷
52	확장하는 물리적 기술 스택
64	교통약자를 위한 Level 4 자율주행 자동차
65	LXP 기반의 개인 맞춤형 큐레이션 기술
66	자율주행 기반의 라스트마일 딜리버리 서비스
68	VR/홀로그램 기반 실시간 협업 플랫폼
71	비대면 초실감 미디어 제작 및 중계 기술
86	감성내재 음성 생성형 인공지능 기술
98	All-connected 스마트 모빌리티 기술
99	스마트-공간을 위한 차세대 통신 기술
101	인간을 보완하는 소프트 로봇 기술
31	무선의 가치 실현
43	무선신호 생산에너지
7	자동차산업의 주류가 된 전기차
8	군사용 드론의 대중화
20	조합형 애플리케이션
32	슈퍼앱
37	지능형 애플리케이션
13	트위터 킬러
2	초정밀 위치정보 기술
11	칩렛
6	개방형 표준의 반도체 칩 설계
12	엑사급 컴퓨터
62	DevOps에서 DevEx까지: 엔지니어링 경험 강화
88	코딩 보조용 생성형 언어 모델 기술
46	지속가능 컴퓨팅

▶

연구주제 후보군	주요 내용
총체적 몰입 경험 강화	• 5감 자극하여 사용자에게 더욱 생생하고 현실적인 경험 제공
개인용 엑사급 컴퓨터 기술	• 진보된 컴퓨터 개발

5절 스마트안전 분야 연구주제 도출

❑ 국내외 기관 선정 미래유망기술 및 분야 중 스마트안전 관련 기술을 조사하여 기존의 패러다임을 변화시킬 변혁적 기술 후보군 및 연구 필요 분야를 도출

❍ 스마트안전 분야에서 세계가 주목하는 미래유망기술을 조사하여 연구 주제 및 기술분야 후보군을 도출

<표 6-14> 스마트안전 분야 미래유망 기술

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
1	MIT 테크놀로지 리뷰	• (`21) 디지털 접촉 추적	• 감염병 확진자와 접촉한 사람들을 식별하고 추적하는 과정으로 감염병의 확산을 억제하고 공중 보건을 보호하는 데 기여
2		• (`22) 말라리아 백신	• 1년에 수십만 명의 아동을 사망에 이르게하는 말라리아 백신을 사용한다면 70%까지 사망자 감축
3		• (`22) 비밀번호의 종말	• 기업들이 안전하지 않은 것으로 악명 높았던 영문과 숫자를 조합하는 알파뉴메릭 방식에서 다른 인증 방식으로 비밀번호 체계를 전환
4		• (`22) 코로나 변이 추적	• 코로나19 감염증을 일으키는 바이러스인 SARS-CoV-2는 세상에서 염기서열 분석이 가장 많이 이루어진 유기체로서, 과학자들은 이 자료를 토대로 새로운 변이 바이러스의 확산을 빠르게 포착하여 확산을 방지
5	Deloitte	• (`24) 현실 방어: 합성 미디어 시대의 진실	• 딥페이크와 같은 합성 미디어 기술의 발전으로 인해 현실과 가짜 정보를 구분하기 어려워지는 상황에서 진실을 보호하고 신뢰 구축에의 노력
6	KISTEP (`21)	• 인공지능(AI) 기반 재난 예측 및 대응 시스템	• 빅데이터, 딥러닝 등 AI 기술을 활용하여 재난 발생 가능성 예측 및 최적의 대응 방안을 제시하고, 재난 관련 데이터 수집 및 분석 기술 개발, AI 기반 재난 예측 모델 개발, 재난 상황 시뮬레이션 및 대응 전략 수립, 실시간 정보 공유 및 의사결정 지원 시스템 개발 등을 연구
7		• 드론 및 로봇 활용 재난 현장 대응 기술	• 드론과 로봇을 활용하여 재난 현장 상황 파악, 인명 구조, 화재 진압, 물자 수송 등 다양한 임무를 수행하고, 재난 환경에서 안정적인 운용 기술, AI 기반 자율 비행 및 임무 수행 기술, 인명 구조 및 화재 진압 기술, 재난 현장 정보 수집 및 전송 시스템 개발 등을 연구
8		• 스마트 안전 도시 구축 기술	• IoT, 빅데이터, AI 등 첨단 기술을 활용하여 도시 안전 인프라 지능화 및 시민 안전을 강화하고, 스마트 CCTV, 센서 활용 도시 안전 데이터 수집 및 분석 기술, AI 기반 범죄 예측 및 예방 시스템, 시민 참여형 안전 정보 공유 플랫폼, 스마트 교통 시스템, 스마트 가로등 등 안전 인프라 구축 연구
9		• 생체 인식 기술 기반 신원 확인 및 출입 통제 시스템	• 지문, 홍채, 얼굴 등 생체 정보를 이용하여 개인 신원 확인 및 보안 시설 출입을 통제하고, 고도화된 생체 인식 기술, 생체 정보 보안 및 개인정보

순번	구분	관련 유망 기술	주요 내용
			보호 기술, 생체 인식 기반 출입 통제 시스템 구축 및 운영 등을 연구
10		• 웨어러블 기기 및 IoT 센서 기반 개인 안전 관리 시스템	• 웨어러블 기기, IoT 센서 활용 개인 건강 상태, 위치 정보, 위험 상황 등 실시간 모니터링 및 위험 발생 시 신속 대응 시스템으로 생체 정보 및 환경 정보 수집 기술, AI 기반 위험 상황 예측 및 알림 시스템, 개인 맞춤형 안전 정보 제공 등을 연구
11		• 5G 통신 기반 재난 대응 시스템	• 5G 통신 기술을 활용하여 재난 현장의 고화질 영상, 실시간 데이터 전송 등을 통해 신속하고 효율적인 재난 대응을 지원하며, 5G 기반 재난 현장 통신시스템 구축, 드론 및 로봇연동 기술 , 실시간 영상 및 데이터 분석 기술 개발 등 연구
12		• 가상현실(VR) 및 증강현실(AR) 기반 재난 대응 훈련 시스템	• VR/AR 기술을 활용하여 실제 재난 상황과 유사한 환경을 구현하고, 재난 대응 훈련 효과를 극대화하며, VR/AR 기반 재난 대응 훈련 콘텐츠 개발, 훈련 효과 분석 및 평가 시스템 개발, 훈련 시스템 보급 및 확산 방안 등을 연구
13		• 블록체인 기반 안전 정보 관리 시스템	• 블록체인 기술을 활용하여 안전 정보의 투명성, 신뢰성, 보안성을 강화하고, 위변조를 방지하며, 블록체인 기반 안전 정보 플랫폼 구축, 데이터 표준화 및 연동 기술 개발, 정보 접근 권한 관리 및 보안 기술 개발 등을 연구
14		• 자율주행 기반 지능형 순찰 및 감시 시스템	• 자율주행 기술을 활용하여 위험 지역 순찰 및 감시 효율성을 증대하며, 자율주행 순찰 로봇 개발, AI 기반 이상 상황 감지 및 대응 기술 개발, 순찰 경로 최적화 및 운영 시스템 개발 등 연구
15		• 지능형 교통 시스템(ITS) 고도화 기술	• AI, 빅데이터 등 첨단 기술을 활용하여 교통 흐름 최적화, 사고 예방, 교통 약자 지원 등 교통 안전을 강화하며, AI 기반 교통 상황 예측 및 분석 기술, 자율주행 및 커넥티드 카 연동 기술, 교통 약자 지원 시스템 개발 등을 연구
16	KISTEP (`23)	• 디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적기술	• 인공지능(AI), 빅데이터, 블록체인 등 첨단 기술을 활용하여 사이버 범죄를 예방하고 범죄자를 추적하는 기술로, AI 기반 이상징후 탐지 및 예측, 빅데이터 기반 범죄자 프로파일링, 블록체인 기반 디지털 증거 보존 및 추적기술을 포함
17	KISTI (`21)	• 인류와 지구의 공생	• 인류와 지구의 공생을 위한 과학기술의 역할을 강조하며 지구 환경 문제 해결, 사회 불평등 해소, 빈곤 퇴치, 인권 보호 등 사회 문제 해결에 기여하는 과학 기술의 개발을 의미함
18		• 온오프 정신건강	• 디지털 기기 사용과 현실 세계 활동 사이의 균형을 유지하며 정신 건강을 관리하는 것을 의미하며, 현대 사회에서 스마트폰, 컴퓨터 등 디지털 기기 사용 시간이 증가하면서 현실 세계와의 단절 문제를 해결하고 건강한 정신 상태를 유지하기 위해 온오프 정신건강의 중요성 부각

❑ 스마트안전 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

❍ 문헌분석 및 책임PM 추천 후보군 설정

<표 6-15> 스마트안전 분야 연구주제 후보군 도출 결과(안)

순번	관련 유망 기술		연구주제 후보군	주요 내용
6	인공지능(AI) 기반 재난대응시스템	▶	재난 아이언 돔	• 기상조절 재난 피해 저감 시스템
7	드론 및 로봇 활용 재난현장 대응기술			
8	스마트 안전도시			
11	5G 통신기반 재난대응시스템			
12	VR/AR 기반 재난대응훈련시스템			
17	인류-지구의 공생			
3	비밀번호의 종말	▶	종합적 범죄예측 시스템	• 진보된 기술을 통해 정보의 위변조를 방지하고, 스마트 컨트랙트를 통해 자동화된 안전 관리 프로세스를 구현 • 종합적 범죄예측시스템 구현
5	합성미디어시대 현실방어			
9	생체인식 기술기반 신원확인 및 출입통제 시스템			
10	웨어러블 기기 및 IoT센서 기반 개인 안전관리시스템			
13	블록체인 기반 안전정보관리시스템			
14	자율주행 기반 지능형 순찰 및 감시시스템			
16	디지털 신기술 악용 사이버범죄 예방 및 추적기술			
18	온오프 정신건강	▶	정신건강 토탈케어시스템	• 세계1위 자살률, 국민 정신 건강 문제가 심화되면서, 이를 효과적으로 관리하고 대응하기 위한 시스템으로서 과학기술적 통합적인 접근 방식을 제시
2	말라리아 백신	▶	전염병 관리체계 고도화	• 개인정보유출이 없으면서, 전염병 추적시스템
1	디지털접촉 추적			
4	코로나 변이 추적			

6절 최종 연구분야별 세부 과제 도출(안)

❑ ①건강하게 공영하는 인류, ②안전하고 쾌적한 환경 구현, ③지속가능한 에너지 미래소재, ④미개척·미인지 영역의 도전이라는 Big-Picture 하에 예비 연구주제 선정

❍ 한계도전전략센터의 **'ABCD 문제발굴 네비게이터'** 시스템 활용한 연구 주제 발굴

<그림 6-3> 한계도전전략센터의 ABCD 문제발굴 네비게이터 연구주제 도출 시스템

접근 방식	주요 활동	세부 내용
❶ 의제주도 접근 (Agenda-driven) 전략적 의제 설정	R&D 정책 분석	• 국가 정책방향 검토(국정과제, 과학기술기본계획 등) • 국가전략기술 및 전략 로드맵 분석 • 정부 정책 현안 및 아젠다 모니터링
	글로벌 트렌드 분석	• 글로벌 산업·시장·기술 트렌드 조사 • 주요국 과학기술 혁신정책 벤치마킹 • 지속가능발전 관련 국제사회 공동과제 도출
❷ 현장주도 접근 (Bottom-up) 현장 수요 발굴	연구계 니즈	• 연구현장 분석을 통한 난제 해결방안 및 도전적 연구주제 파악 • 국가미래 중점분야(정책) 중심의 우선해결 기술분야 발굴
	사회적 니즈	• 온라인 플랫폼을 활용한 국민제안 수집·분석 • 사회문제 해결형 연구수요 발굴
❸ 협력주도 접근 (Collaborative) 이해관계자 협의	책임PM 활동	• 책임PM 고유 전문지식 및 연구경험 기반 이슈 발굴 • 책임PM 인적 자본을 활용한 연구동향 파악
	산학연 협력	• 산·학·연 협력 네트워크 구축 및 전문가 Pool 확보 • 산·학·연 협력 네트워크 운영(간담회, 워크샵, 기술교류회 등)
❹ 데이터기반 접근 (Data-based) 증거기반 분석	기술역량 진단	• 국내외 기술동향 조사 및 분석 • 기술격차 분석 및 개선영역 도출 • 미래기술 예측 및 탐색
	성과 분석	• 특허·논문 등 성과분석을 통한 기술적 한계점 도출 • 성공-실패사례 분석을 통한 핵심 문제요인 규명 • 연구성과 활용 현황 기반 기술완성도 제약요인 파악

※ 사업 착수 시 대내외 환경변화, 문제해결 가능성, 기술 수요조사 등을 종합적으로 고려하여, 신규 연구 주제를 추가 도출하고, 연구현장의 의견수렴을 걸쳐 추진과제 우선순위 도출

<표 6-16> 도출된 연구분야별 연구주제(안)

연구분야	연구테마	연구주제	주요 내용
미래를 여는 물질	AI 시대를 대비하는 소재	데이터 폭증 시대를 대비하는 광변조 혁신 기술	• (한계) 광변조 소자 크기 축소에 따른 칩의 **발연** 문제와 데이터 **입출력 병목 현상**으로 변조성능에 한계 존재 • (도전목표) 기존의 선도기술(100~200Gbps 수준)을 뛰어넘는 **비선형 광변조 특성**을 지닌 **Tbps급 고성능 광변조 소자** 개발을 통한 글로벌 기술선도
	우주시대를 대비하는 소재	우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할	• (한계) 우주환경에서의 **실리콘 기반 반도체 소재**는 센서 성능 저하, 수명 단축, 이미지 노이즈 증가 등의 **오작동과 신뢰성 부족이 존재**

연구분야	연구테마	연구주제	주요 내용
		수 있는 센서 소재	• (도전목표) 기존 카메라의 한계선량인 5kGy를 우회기술 없이 **소재단독으로 2배 이상 증가**시킬수 있는 **신소재 개발**
	안전하고 효율적인 에너지 소재	궁극의 에너지 저장 및 활용성을 지닌 유전체 축전소자	• (한계) 기존 리튬이온 배터리의 발화, 급속 충방전, 출력 등의 한계를 극복하기 위한 에너지 저앚 소자 개발을 추진하고 있으나, **기술적 한계** 존제 • (도전목표) 기존의 장점을 유지하고 **에너지 밀도 향상과 대용량화**할 수 있는 신소재 개발
	안전하고 효율적인 에너지 소재	냉매가 필요없는 고효율 고체상태 냉각기술	• (한계) 온실가스(HFC)를 냉매로 이용한 압축식 냉각기술은 국제기후협약에 따라 **환경적 이슈** 존재하나 친환경 고체 냉각기술은 **효율성 부족** • (도전목표) 실용적 냉각 출력 달성을 위한 신소재인 고체금속 및 냉각 시스템 개발
지속 가능한 지구	지구계 탄소 · 질소 순환 조절 기술	에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술	• (한계) 화석연료 사용에 따른 이산화탄소, 질소산화물 배출은 **탄소중립을 위해 해결해야할 문제**로 이를 위해 고정화 기술개발이 추진 중이나, 보다 효율적인 **두 원자간의 결합 에너지를 활용**할 수 있는 기술개발 필요 • (도전목표) 탄소중립과 식량난을 동시에 해결할 수 있는 이산화탄소와 질소산화물의 결합 에너지 활용을 위한 **새로운 엔진과 기술개발**
	친환경 화학원료 가치 사슬이 시작되는 기술	탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술	• (한계) 기존 에너지 패러다임 변화를 위한 바이오매스 자원은 지역에 따른 **생산성 한계**와 경작 과정에서의 **환경 오염 문제 존재** • (도전목표) 편중된 생산성과 오염 문제를 해결하기 위해 **바다에서** 화학원료로 사용가능한 **탄수화물을 생산할 수 있는 기술개발**
	열에너지 사용 효율화 향상 기술	고온 열 저장 · 이송 시스템 설계를 위한 한계 기술	• (한계) 현재 산업계에서의 탈탄소화는 고온 열에너지 활용 문제로 어려운 실정 • (도전목표) **저온 폐열원을 활용**하여 200℃이상의 열에너지를 발생 · 저장 · 활용 할 수 있는 **고온 열에너지 저장 · 이송 시스템 개발**로 종전 에너지 변환 효율 한계 극복
	희귀 금속 가치 사슬 연결 기술	전자 기기 사용 주기 종점에서의 미량 다중 금속 리사이클링 기술	• (한계) 산업에서 활용되는 희토류 등의 금속 자원은 수입에 의존하고 있어 **글로벌 공급망 전환** 등에 큰 영향을 받으며, 기존 회수 기술은 **환경 오염 유발 가능성이 큰 문제**가 존재 • (도전목표) 소량 복잡한 금속계의 재활용 및 오염 유발 극복을 위한 리사이클 기술 개발
디지털 웰 · 빙 케어	웰·빙 케어 세포치료 혁신	디지털 뇌신경 브릿지	• (한계) 장애 발생 확률이 높고 완치율이 낮은 뇌졸중은 **뇌세포 복원 위주의 개발**이 추진 중에 있으나 10년 이상의 기한 소요 예상 • (도전목표) 이미 **손상된 뇌세포 복구 · 복원이 아닌** BCI 기술을 통해 뇌 신호를 우회 · 전달하여 **뇌의 가소성을 이용**하여 빠른 시일 내로 복구 가능한 뇌세포를 치료 · 회복하는 기술개발

연구분야	연구테마	연구주제	주요 내용
	웰·빙 케어 의료기기 혁신	Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술	• (한계) 현재의 관상동맥 중재술(풍선 확장술, 약물 방출 스텐트) 등은 **효과와 부작용, 치료제 복용 등의 문제가 존재** • (도전목표) **스텐드를 사용하지 않고** 기존의 스텐드 기술과 **동일한 효과를 내는 layer 기술개발**
	웰빙 케어 디지털 치료 혁신	생체리듬 제어를 통한 정밀 질환 치료법	• (한계) 생체리듬이 유전자와 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌으나 기초연구와 항암제 투여 시기 조절에만 활용되고 있는 실정 • (도전목표) 생체리듬 제어를 주요 질환 치료법의 일부로 활용하여 질환 치료의 **새로운 패러다임** 제시
	웰빙 케어 디지털 보건	데이터 파동 변화 예측를 통한 팬데믹 조기감지시스템	• (한계) 대다수의 국가들이 코로나와 같은 아웃브레이크 전략을 사후관리에서 조기감지 및 대응체계 준비로 전환 • (도전목표) 기존의 POC 센서 기반이 아닌 **개인적, 사회적 파동의 변화 감지**에 초점을 맞춘 기술개발
혁신 첨단융합	AI 소프트웨어 기술혁신	Transformer를 뛰어넘는 foundation model 구조 개발	• (한계) 최근 Mamba등 State Space Model이 제시되어 각광 받고 있는바, **Transformer를 대체**할 수 있는 다른 모델 구조를 고안 필요 • (도전목표) Transformer 구조의 한계를 극복한 새로운 **foundation model 제시**
	AI 소프트웨어 기술혁신	Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발	• (한계) Adam은 확률론적 1차 미분치 정보와 학습 궤적 정보를 활용한 알고리즘으로, 고정된 하이퍼파라미터 사용에 따른 **상황 대처 능력의 한계**를 지님 • (도전목표) 다양한 AI 모델 학습에 대해 이론적으로 증명 가능하며 실험적으로도 가장 빠른 학습 속도를 제공할 수 있는 AI **학습 최적화** 알고리즘 개발
	AI 첨단 하드웨어 기술혁신	Neural ODE 기반 domain specific foundation mode	• (한계) Neural ODE은 반도체 공정 등 다양한 분야에 활용될 수 있어 파급효과가 높음에도 불구하고 높은 계산 비용 및 학습의 어려움, 안정성 이슈, 실시간 성능 문제 등으로 인하여 활용 미흡 • (도전목표) ODE solver, 표현 능력 및 해석 가능성을 보완하기 위한 연구개발이 진행 중에 있으며, 원천기술 확보 여지 존재
	AI SW/HW 혁신융합 기술	양자컴퓨터를 이용한 자연언어처리(NLP) 및 LLM 구현 방향 연구	• (한계) 보편화된 AI사회 구현을 위해서는 기존 GPU보다 훨씬 빠르고 에너지 효율적인 '언어 처리 장치(Language Processing Units, LPU)' 추론 엔진 개발이 요구됨 • (도전목표) 학습과 추론이 동시에 효율적으로 가능한 LPU 개발
스마트 안전	테러 신속대응 기술	미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발	• (한계) 새로운 화학작용제의 지속 출현으로 예측 **독성 예측이 어려운** 상황이며, 지속 시스템은 **완전 자율형 독성판별 기술이 부재** • (도전목표) 미지의 화확작용제를 신속·정확하게 탐지·식별하기 위한 **인공지능 기반 자율형 독성판별분석 시스템 개발**

연구분야	연구테마	연구주제	주요 내용
	재해 신속대응 기술	물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동 반응 소재 시스템개발	• (한계) 기존 지상 및 해양 재난 현장에서의 대형 기계장치 활용은 **무게, 부피, 휴대성, 수중 구동 등의 이유로 문제점이 존재**하여 저전압·자율 수중 구동장치 개발이 추진 중이나 **실용적 가치는 제한**적 • (도전목표) 물에 반응하여 저전력 기반 강한 힘을 발휘할 수 있는 **소재와 액추에이터, 시스템** 개발
	AI 인프라 보안 기술	데이터센터 보안을 위한 고도화된 사이버 공격 대응 시스템 구축	• (한계) 데이터센터 보안에 대한 연구가 진행 중이나 상용화된 보안 솔루션 도입과 통합 시스템 구축은 미흡한 상태 • (도전목표) 데이터센터의 물리적 보안과 사이버 보안의 통합 관리가 가능한 고도화된 보안 시스템 구축
	스마트안전 로봇 기술	재난 현장에서 인명을 탐색하는 마이크로봇	• (한계) 대형 재난 현장에서의 인명 구조 체계 필요성 증대 • (도전목표) 나노소재 기술을 기반 광대역 원격 조절이 가능한 재난 현장 투입용 마이크로봇 개발

❑ 미래를 여는 물질 분야

❍ (한계도전적 문제) 고성능 반도체의 광연결 기술에서 Si기술을 벗어난 독자적 기술 확보가 가능할까?

➟ (도전 목표) Tbps급 고성능 광변조소자용 비선형 광학 소재 개발 (현재) Si photonics 기술의 광변조속도는 100~200Gbps 수준

❍ (한계도전적 문제) 우주환경에서도 오작동없이 사용할 수 있는 전기전자소자를 만들 수 있을까?

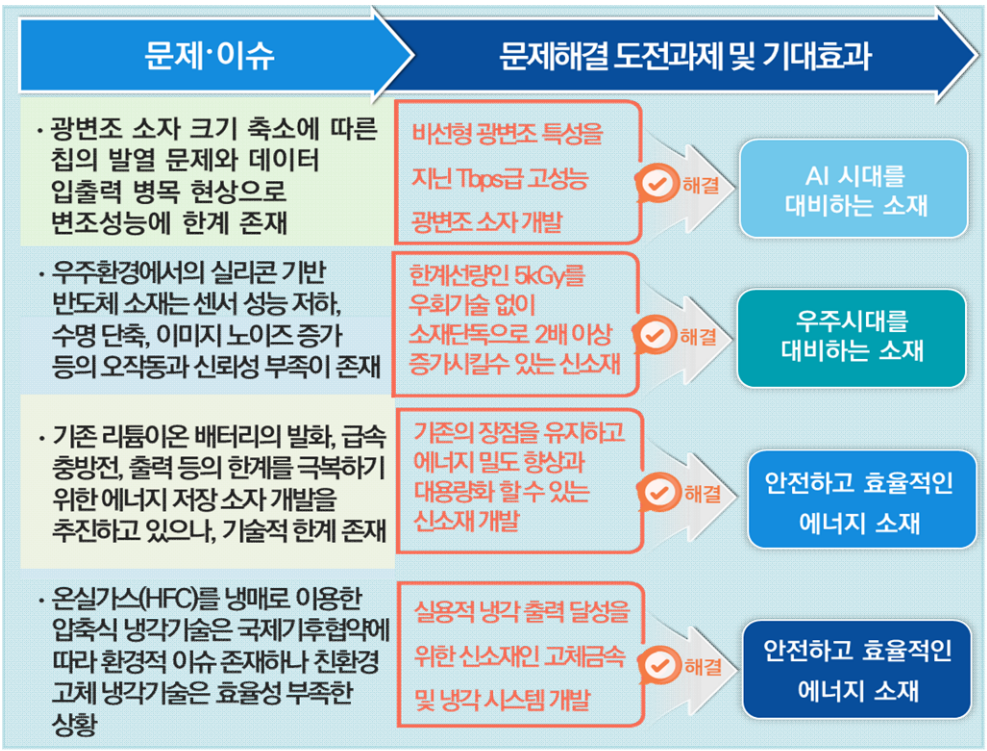
➟ (도전 목표) 우주 내방사선(10 kGy급) 광검출소자 개발 (현재) 실리콘 기반 반도체소자의 오작동과 신뢰성 부족

❍ (한계도전적 문제) 유전체 캐패시터의 초고속 충방전과 안전성이라는 고유의 장점을 유지하면서, 에너지 밀도의 획기적 향상과 대용량화 문제를 극복하는 새로운 재료와 제조공학 기술 개발에 도전함

➟ (도전 목표) 궁극의 에너지 저장 및 활용성을 지닌 유전체 축전 소자 개발 도전

❍ (한계도전적 문제) 강력한 온실가스인 HFC 냉매를 이용한 압축식 냉각기술을 대체할 수 있는 고체상태 냉각기술 개발은 국제 기후 협약 목표 달성과 국가 에너지 안보 차원에서 필수적인 기술

➟ (도전 목표) 새로운 고체금속 재료 및 냉각 시스템 개발을 통해 압축식 냉각 방식에 상응하는 에너지 효율 달성을 도전함



<그림 6-4> 미래를 여는 물질 분야 후보과제 도출(안)

❑ (분야 : 미래를 여는 물질, 주제 ①) 데이터 폭증 시대를 대비한 광변호 혁신 기술

분야명	미래를 여는 물질	책임PM	김동호
테마(정의)	AI 시대를 대비하는 소재		
주제명	데이터 폭증 시대를 대비한 광변조 혁신 기술		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
광변조 혁신 소재	고성능 반도체의 광연결 기술에서 Si기술을 벗어난 독자적 기술 확보가 가능할까?	Tbps급 고성능 광변조소자용 비선형 광학 소재 개발 (현재) Si photonics기술의 광변조속도는 100~200Gbps 수준

연구테마	AI 시대를 대비하는 소재

○ **(테마 정의)** 인공지능 시대의 급증하는 데이터 처리 요구를 충족시키기 위해 광학 기술을 활용하여 고속, 저전력, 고효율의 정보 처리 및 통신 기능을 구현하고 통합하는 기술

○ **(테마 현황 및 필요성)** 전자 집적회로(EIC, Electronic Integrated Circuit) 기술의 고집적화에 따른 칩의 발열 문제와 데이터 입출력(I/O)의 병목 현상를 극복할 수 있는 기술 개발이 요구됨

- IT 인프라 및 시스템간 신호전달뿐 아니라 칩 단위에서도 신호전달 기술의 한계(데이터 전송 속도, 에너지 소비)를 극복하고자 광 연결 기술의 적용이 확대되고 있음.
- 광 연결 기술의 스케일링 한계를 극복하기 위해, 글로벌 선도 기업은 Si 반도체 미세화 공정기술을 이용한 집적방식의 광소자 기술 (Si photonics)을 발전시켜 왔음. 국내 반도체기술의 경쟁력 확보를 위해서는 완전히 새로운 혁신기술 확보가 절실함

○ **(연구 주제)** 글로벌기업의 Si 포토닉스 선도기술을 능가할 수 있는 광변조기 기술을 확보하기 위한, 혁신적 광변조 성능을 발현하는 광학소재와 메카니즘을 개발하고 초소형 광변조 소자를 실증

○ **(이슈 사항)** 데이터 전송속도와 주파수가 증가함에 따라 칩 레벨의 정보전달에서 금속 배선기반의 전자 통신 방식이 광신호를 이용하는 방식으로 전환되고 있음.

- Si photonics 분야 글로벌 선도기업은 기존 조립 방식의 광소자 크기를 1/10 수준으로 소형화하는데 성공하였으며, 이를 더욱 발전시키는 칩 간(chip-to-chip) 상호 연결이 가능한 광 집적회로 연구개발을 추진 중

○ **(한계 도전적 문제)** 광변조 소자의 크기를 축소함에도 불구하고 변조성능은 향상시킬 수 있는 비선형 광학소재와 이를 이용한 CMOS 공정 호환형 소자 기술을 확보해야함

○ **(연구 목표 설정)** Tbps급 광변조가 가능한 광학소재와 이를 이용한 초소형(1mm 이하) 광변조기 개발

- Chip간 연결이 가능한 CPO(Co-packaged optics) 기술로의 발전 가능성 제시

2. 한계도전 R&D 내용

문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
비선형 광변조 특성을 지닌 새로운 접근방식의 과제 선정 및 융합 연구 추진 - 연 20억내외/3년/다수(2개) 과제 운영	최종 연구목표 달성을 위한 연구자의 핵심 아이디어 구현에 대한 연차별 마일스톤 설정. 산학연 융합연구 추진 및 책임PM 상시 점검을 통한 과정 중심의 평가

○ **(문제 해결 방안)** 혁신적 광변조 특성 발현이 가능한 원자두께의 비선형 광학소재를 인공적으로 합성하여 광변조 소자의 크기/성능/에너지효율 한계를 극복하는 연구개발을 추진

- (2차원 나노소재 기반 접근방식) 전자밀도가 극도로 높은 원자 두께의 금속성 2차원 물질을 활용한 광변조 혁신기술을 창출
- (강유전체 기반 접근방식) CMOS공정 호환성이 좋은 박막공정(ALD, CVD 등)을 활용하여 비선형 광학특성을 인공적으로 재단한 강유전체 물질 합성과 소자화 기술 확보

○ **(과제 운영)**

- 연차별 마일스톤 연구목표 설정
- 연차별 평가를 통해, 다음 단계 연구수행에 대한 진행여부(Go/No-Go)를 결정



○ **(관리 방식)**

- 접근방식이 다른 다수의 과제를 선정하고, 배경과 전문성이 상이한 연구수행자들이 동일한 과제의 최종목표 달성을 위해 상호 적극적으로 소통하고 협력
- 책임PM의 개별 실험실 방문 이외에 워크숍 형태의 협력과 소통 채널을 마련
- 실험측정 인프라의 공동활용, 이해상충의 문제가 없는 조건하에서 투명성이 보장된 협업을 추진, 필요시 위탁연구 및 기술용역을 적극 활용

기술개발 필요 예산	120억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
		√			

❑ (분야 : 미래를 여는 물질, 주제 ②) 우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할 수 있는 센서 소재

분야명	미래를 여는 물질	책임PM	김동호
테마(정의)	우주시대를 대비하는 소재		
주제명	우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할 수 있는 센서 소재		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
내방사선 광검출소자	우주환경에서도 오작동없이 사용할 수 있는 전기전자소자를 만들 수 있을까?	우주 내방사선(10 kGy급) 광검출소자 개발 (현재) 실리콘 기반 반도체소자의 오작동과 신뢰성 부족

연구테마	우주시대를 대비하는 소재

○ **(테마 정의)** 미래 우주산업의 발전에 대비하여 우주환경에서도 오작동없이 사용가능한 전기전자소자를 개발하기 위한 핵심 원천소재 기술. 우주 탐사, 지구 과학, 국가 안보, 상업 우주 산업 전반에 걸쳐 광범위한 영향을 미칠 것으로 예상

○ **(테마 현황 및 필요성)** 우주 방사선의 노출이나 급격한 온도변화에 의한 기능 저하 혹은 신뢰성 문제가 없는 소재의 확보 및 광전자소자 구현을 위한 혁신 기술 개발이 요구됨

- 기존 우주방사선 차폐기술은 금속 차폐막의 경량화에 초점을 둔 신소재 개발이 주를 이루고 있으나, 원천적으로 구성부품 소재 자체의 내방사선을 고려하고 있지 못함.
- 전기전자 장비의 오작동 회피를 위한 회로 기술이나 소프트웨어 기반 오류 정정 알고리즘이 개발되고 있으나, 이는 원천적인 해결책이 아닌 우회기술에 지나지 않음

○ **(연구 주제)** 우주방사선 환경에서 안정적으로 구동하는 가시광영역 광검출 소자 및 핵심 방사선 회피형 반도체소재를 개발하고 우주방사선환경 실증 평가

- 내방사선 반도체소재 글로벌선도기술 확보 및 초소형 위성, 우주탐사 기술 등 활용

○ **(이슈 사항)** 방사선으로 인한 센서 성능 저하와 수명 단축, 이미지 노이즈 증가는 반도체소재 자체의 내방사선 특성 확보와 한계선량 극복방안 개발을 요구함. 현재까지는 차폐재료, 우회회로 기술개발에 치중해왔으나 원천적인 소재 자체의 문제해결 불가

- 현재 차폐금속을 활용한 내방사선 카메라의 한계선량은 5 kGy 이하 수준임. 여전히 지속적인 노이즈발생과 차폐금속물질로 인한 무게상승(20kg 이상) 문제가 있음. 고성능 카메라일수록 광검출소자 고집적화로 인해 방사선에 의한 열화 문제가 더욱 심화됨. 현재는 차폐된 실리콘 기반 이미지센서를 활용

○ **(한계 도전적 문제)** 차폐물질, 회로 우회기술의 적용 없이 소재단독으로 10 kGy 이상의 한계선량을 가지는 광검출용 원천 신소재 개발은 세계최초의 도전적 시도.

- 실리콘 기반 반도체소자의 내방사선 특성 한계(쉬운 방사선 손상, 차폐무게, 비경제성, 복잡한 회로구조 등)를 돌파하는 고품질 광검출 특성 소재 발굴 및 응용소자 개발

○ **(연구 목표 설정)** 방사선에 10 kGy 이상의 내구성을 가진 가시광 대역 광검출소재를 개발하고, 신개념 방사선 회피/면역성 광검출소자 프로토타입을 실증

- TID(총이온화선량), TNID(총비이온화선량)의 수치적 결과 도출에만 그치지 않고 우주방사선환경 실증평가 연구까지 계획할 것

2. 한계도전 R&D 내용

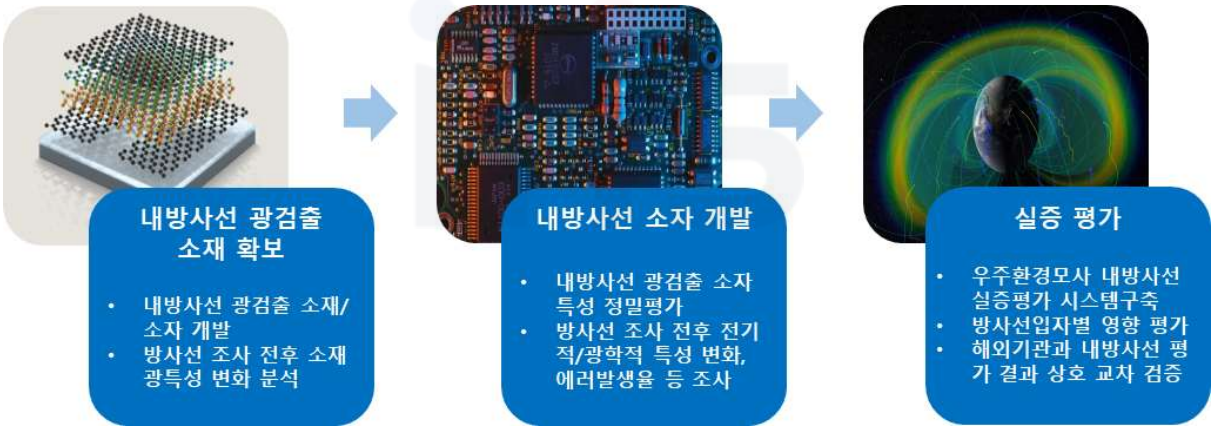
문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
내방사선 반도체 소재에 관한 새로운 접근방식의 과제 선정 및 융합 연구 추진 - 연 10억내외/3년/다수(4개) 과제 운영	최종 연구목표 달성을 위한 연구자의 핵심 아이디어 구현에 대한 연차별 마일스톤 설정. 마일스톤에 근거한 진행여부 결정. 책임PM 상시 점검을 통한 과정 중심의 평가

○ **(문제 해결 방안)** 기존의 차폐, 우회회로 기술의 내방사선 전자부품개발 접근방식이 아닌 방사선 누적을 저감하는 새로운 소재/소자를 제안하여 도전적 연구개발 추진.

- (혁신소재 기반 접근방식) 차폐없이 방사선의 부피누적 현상을 최소화하고, 두께 대비 높은 광흡수율의 나노반도체소재를 개발
- (나노소자 기반 접근방식) 나노소재의 선정, 소자구조 설계, 적층, 이종접합구조 기술 등을 활용하여 내방사선 특성 및 광검출 특성을 고도화 시키는 기술 확보

○ **(과제 운영)**

- 연차별 마일스톤 기반 차년도 연구수행에 대한 진행여부(Go/No-Go)를 결정



○ **(관리 방식)**

- 접근방식이 다른 다수의 과제를 선정하고, 단계 평가를 통해 경쟁방식 도입
- 책임PM의 개별 실험실 방문 이외에 워크숍 형태의 협력과 소통 채널을 마련
- 인공위성 수요기업 및 항공우주청과의 기술수요자 평가 실시

기술개발 필요 예산	120 억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
		√			

❑ □ 지속 가능한 지구 분야

❍ (한계도전적 문제) 화석연료 엔진 배출가스를 식량으로 전환할 수 있을까?

➟ (도전 목표) 엔진 배출가스의 이산화탄소와 질소산화물을 식량 생산 원료로 사용하는 새로운 엔진과 electrofermentation 기술을 개발

❍ (한계도전적 문제) 바이오매스와 석유가 없어도 지속 가능한 화학 원료 가치 사슬을 만들 수 있을까?

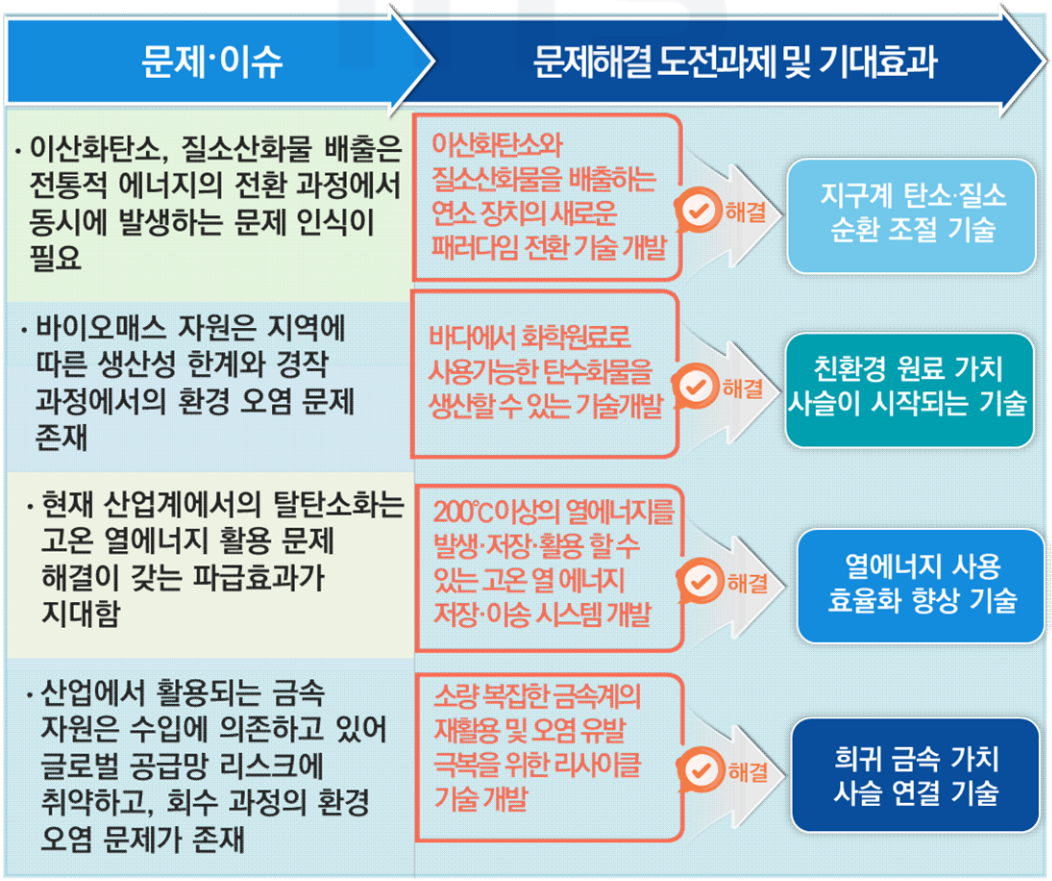
➟ (도전 목표) 바이오매스의 친환경 가치와 석유의 경제적 가치를 동시에 갖는 화학 원료를 해양에서 제조할 수 있는 기술을 개발

❍ (한계도전적 문제) 산업 부분은 에너지 사용의 다양성과 복잡성으로 인해 탈탄소화가 가장 어려운 분야 중 하나로 알려져서 우리나라 경제 전체에서 순 배출 제로를 달성하려면 공격적인 문제해결 방식이 필요함

➟ (도전 목표) 고온 열 저장·이송 시스템 설계를 위한 한계 기술 개발

❍ (한계도전적 문제) 각종 산업 금속(특히, 희토류 금속)의 글로벌 공급을 중국이 70% 이상을 차지하고 있기 때문에, 예기치 않은 공급망 중단이 경제에 미치는 영향이 특히 심각하리라 예상

➟ (도전 목표) 전자 기기 사용 주기 종점에서의 미량 다중 금속 리사이클링 기술



<그림 6-5> 지속 가능한 지구 분야 후보과제 도출(안)

❑ (분야 : 지속가능한 지구, 주제 ①) 에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술

분야명	지속가능한 지구	책임PM	최원춘
테마(정의)	지구계 탄소·질소 순환 조절 기술		
주제명	에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술 (FoodEngine: From Emissions to Nutrition)		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술	화석연료 엔진 배출가스를 식량으로 전환할 수 있을까?	*엔진 배출가스의 이산화탄소와 질소산화물을 식량 생산 원료로 사용하는 새로운 엔진과 electrofermentation 기술을 개발*

연구테마	식량 생산 불균형과 위기에 대응하는 기술

○ **(테마 정의)** 인간 생활에 필수적으로 필요한 식량 문제와 엔지 배출가스의 환경 문제를 동시에 극복할 수 있는 다학제 융합 기술

○ **(테마 현황 및 필요성)**

- 전 세계 국가들의 식량 생산·공급·소비 불균형 문제가 심각한데, 유엔이 주도한 보고서에 따르면 2022년에 2억 5천만 명 이상의 사람들이 심각한 기아에 직면함. 그런데, 지구 온난화 문제는 이러한 문제를 더욱 심화시키리라 예상함.
- 화석연료 사용에 따른 경제적 이득과 지구 온난화의 책임은 일부 경제 중심국의 책임이 크기 때문에 식량 생산·공급·소비 불균형 문제 해결에도 적극 나서야 할 필요가 있음.
- 글로벌 해운 산업은 온실가스 배출 이슈 극복을 위해 UN 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)을 중심으로 강력한 규제 계획과 실천 약속 로드맵을 마련했는데, 이는 우리나라 조선 산업의 위기이자 기회가 될 수도 있음

○ **(연구 주제)**

- 대형 엔진 설계 개념 전환과 배출가스에 포함된 이산화탄소와 질소산화물을 전기화학과 합성 미생물학, 화학공학의 협력 연구를 통해 단백질로 전환하는 기술

○ **(이슈 사항)**

- 이산화탄소 환원을 위해 전기에너지를 효율적으로 미생물에 공급하는 방법
- 질소산화물과 수소의 반응을 촉진 시키는 방법
- 이산화탄소를 빠른 속도로 고정시키면서, C-C 결합을 만들 수 있는 미생물 합성
- 단백질 생산에 유리한 엔진 배출가스 조절 방법

○ **(한계 도전적 문제)**

- 미국 DARPA와 Bill & Melinda Gates 재단, 덴마크 Novo Nordisk 에서는 공기 중의 이산화탄소와 질소를 고정화하는 기술 방향을 설정했지만, 공기 중의 이산화탄소 농도(~400ppm)와 질소 원자간 강력한 결합 에너지 (947kJ/mol)를 고려할 때 보다 유리한 기술 선점 전략이 필요함.

○ **(연구 목표 설정)**

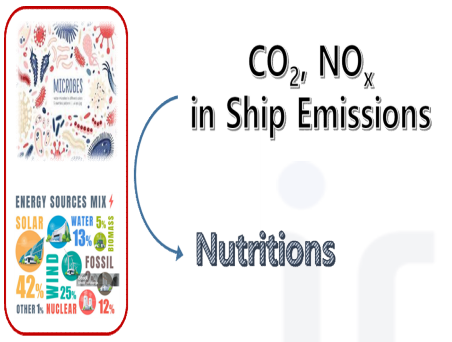
- 엔진 배출가스의 이산화탄소와 질소산화물을 식량 생산 원료로 사용하는 새로운 엔진과 electrofermentation 기술을 개발

2. 한계도전 R&D 내용

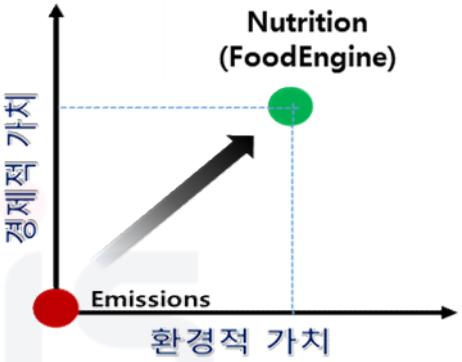
문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
미생물의 이산화탄소 고정과 대사, 그리고 이에 필요한 에너지 공급에 관한 새로운 접근 방식의 과제 선정 및 융합연구를 추진 - 연 10억내외/3년/다수(4개) 과제 운영	최종 연구목표 달성을 위한 연구자의 핵심 아이디어 구현에 대한 연차별 마일스톤 설정. 마일스톤에 근거한 진행 여부 결정. 책임PM 상시 점검을 통한 과정 중심의 평가

○ **(문제 해결 방안)**

- 한계도전 R&D 시범사업 중 하나인, **"Beyond Biomass (이산화탄화소로 부터 Biorefinery 업스트림 원료를 생산하는 미생물 개발)" 연구 결과를 활용**하여, 전기화학·미생물학·화학공학 間 융합연구를 추진함.
- 기존 방식에서 벗어난 새로운 엔진과 electrofermentation 공정을 제안하고, 이를 실제 구현하는 시제품 제작 계획을 갖는 도전적인 연구개발을 추진



<프로젝트(FoodEngine) 설명도>



<프로젝트의 연구 방향과 목표 수준>

○ **(과제 운영)**

- 1차년도의 마일스톤 달성 여부는 각 연구팀이 제안한 고유한 접근방식이 작동될 수 있는지를 판단하여 차후 단계의 진입(Go/No-Go)을 결정
- 공학적 관점에서 시작품을 제공할 수 있는 도전적인 연구를 시도하는 과제를 선정하고, 책임PM 중심의 협력·융합 연구를 추진

○ **(관리 방식)**

- 협력연구 사안들을 마련할 수 있도록 워크숍과 학회 세션 구성을 적극적으로 추진
- 데이터 공동활용, 해외선도 연구진과의 국제협력 네트워크 공유, 이해상충의 문제가 없는 조건하에서 투명성이 보장된 협업을 추진

기술개발 필요 예산	120 억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
	√				

❑ (분야 : 지속가능한 지구, 주제 ②) 탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술

분야명	지속가능한 지구	책임PM	최원춘
테마(정의)	친환경 원료 가치 사슬의 시작되는 기술		
주제명	탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술 (OSCAR: Oceanic Synthesized Carbohydrate and Atmospheric Reduction)		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술	바이오매스와 석유가 없어도 지속 가능한 화학 원료 가치 사슬을 만들 수 있을까?	*바이오매스의 친환경 가치와 석유의 경제적 가치를 동시에 갖는 화학 원료를 해양에서 제조할 수 있는 기술을 개발*

연구테마	친환경 화학 원료 가치 사슬의 시작

○ **(테마 정의)** 인간 생활에 필수적으로 필요한 화학 원료를 바다에 용존된 이산화탄소 고정화를 통해 생산 가능한 다학제 융합 기술

○ **(테마 현황 및 필요성)** 석유를 에너지로 사용하는 과정에서 얻어지는 화학 원료는 지구 온난화 문제에서 벗어나기 어렵고, 바이오매스 경작에 수반되는 편중된 생산성은 자연적이고 원천적인 문제이기 때문에, 이를 우회하면서 인류에게 궁극적인 친환경 화학원료를 공급할 수 있는 기술이 필요함.

○ **(연구 주제)**
- 해수 중 이산화탄소, 물, 전기를 이용해서 친환경 업스트림 화학원료로 사용 가능한 탄수화물(carbohydrate)을 생산할 수 있는 electrofermentation 기술
- Electrofermentation이 경제적이고 안정적으로 작동할 수 있는 반응기 설계 및 운전 기술

○ **(이슈 사항)**
- 해양에 용존된 이산화탄소를 최소의 에너지로 농축할 수 있는 방법
- 이산화탄소 환원을 위한 전기에너지를 효율적으로 미생물에 공급하는 방법
- 이산화탄소를 빠른 속도로 고정시키면서, C-C 결합을 만들 수 있는 미생물 합성
- 해양 이산화탄소의 포집과 전환이 이루어질 수 있는 부유식 그린화학원료의 제조와 이송(FGPO, Floating Greenchmical Production Offloading) 엔지니어링 기술

○ **(한계 도전적 문제)**
- 현재의 화학 원료는 탄소 자원을 에너지로 사용하는 과정에서 얻어지는 부산물에서 출발하기 때문에, 지구 온난화 문제 극복을 위한 에너지 패러다임 전환은 필연적으로 화학 원료 공급 문제를 수반할 것임.
- 한편 이에 대한 대안으로 고려하는 바이오매스 자원은 기후와 토양/해양 여건에 따른 생산량의 차이와 생산성 한계가 전 지구 지역에 따라 뚜렷하고, 경작에 필요한 토지와 경작 과정 중 환경 오염 문제가 필연적임

○ **(연구 목표 설정)**
- 해수와 전기로부터 탄수화물을 경제적으로 생산할 수 있는 기술을 개발

2. 한계도전 R&D 내용

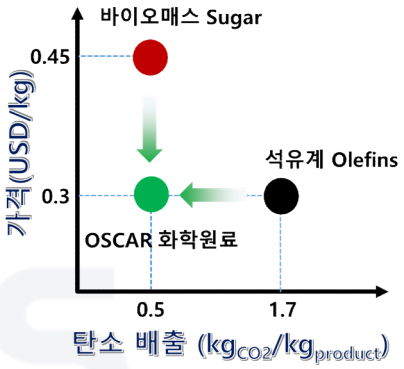
문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
미생물의 이산화탄소 고정과 대사, 그리고 이에 필요한 에너지 공급에 관한 새로운 접근 방식의 과제 선정 및 융합연구를 추진 - 연 10억내외/3년/다수(4개) 과제 운영	최종 연구목표 달성을 위한 연구자의 핵심 아이디어 구현에 대한 연차별 마일스톤 설정. 마일스톤에 근거한 진행 여부 결정. 책임PM 상시 점검을 통한 과정 중심의 평가

○ **(문제 해결 방안)**

- 한계도전 R&D 시범사업 중 **"Beyond Biomass(이산화탄화소로 부터 Biorefinery 업스트림 원료를 생산하는 미생물 개발)"** 및 **"MinergyCOP (해수에 녹아 있는 이산화탄소를 최소 에너지로 고정하는 기술)"** 연구 결과를 활용하여, 전기화학·미생물학·화학공학 間 융합연구를 추진함.



<프로젝트(OSCAR) 설명도>



<프로젝트의 연구 방향과 목표 수준>

○ **(과제 운영)**

- 1차년도의 마일스톤 달성 여부는 각 연구팀이 제안한 고유한 접근방식이 작동될 수 있는지를 판단하여 차후 단계의 진입(Go/No-Go)을 결정
- 공학적 관점에서 시작품을 제공할 수 있는 도전적인 연구를 시도하는 과제를 선정하고, 책임PM 중심의 협력·융합 연구를 추진

○ **(관리 방식)**

- 협력연구 사안들을 마련할 수 있도록 워크숍과 학회 세션 구성을 적극적으로 추진
- 데이터 공동활용, 해외선도 연구진과의 국제협력 네트워크 공유, 이해상충의 문제가 없는 조건하에서 투명성이 보장된 협업을 추진

기술개발 필요 예산	120 억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
	√				

❑ 디지털·웰빙 분야

❍ (한계도전적 문제) 뇌졸중으로 손상된 뇌의 부위를 우회하여 기능을 회복할 수 있을까?

➟ (도전 목표) 손상된 기능(언어, 지각, 감각, 운동)을 3개월-6개월 내 기존 치료법 대비 30% 이상 회복

❍ (한계도전적 문제) 스텐트 보다 더 뛰어난 스텐트 없는 변혁적인 중재 기술이 가능할까?

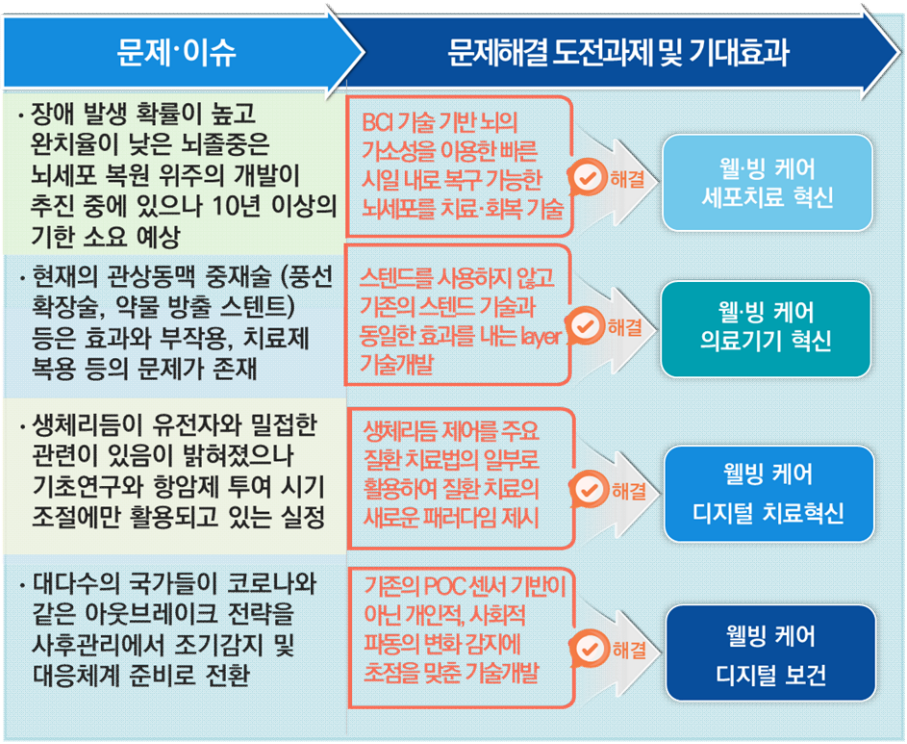
➟ (도전 목표) 기존 약물 방출 스텐트, 약물 코팅 풍선과 견줄만한 중재 효과, 합병증과 부작용 50% 감소

❍ (한계도전적 문제) 생체리듬은 2017년 노벨상 수상 연구를 통해 유전자와 밀접한 관련이 있고 인간의 거의 모든 생체 기관 제어에 영향을 미친다고 알려져 있으나, 현제는 항암제 투여 시기 조절 정도에만 사용되고 있는 실정

➟ (도전 목표) 생체리듬 제어를 통한 정밀 질환 치료법 (PDT via CR: Precision Disease Treatment through Circadian Rhythm Regulation)

❍ (한계도전적 문제) 많은 국가들이 팬데믹을 대비하여 사후관리 전략에서 조기 감지 및 대응체계 준비로 전환을 하고 있는 바 우리나라도 국가적 조기 감지 기술 개발이 급선무임

➟ (도전 목표) 데이터 파동 변화 예측를 통한 팬데믹 조기 감지 시스템 (AB4O: Act Before Outbreak through Data Perturbation)



<그림 6-6> 디지털 웰빙 분야 후보과제 도출(안)

❑ (분야 : 디지털 웰·빙 케어, 주제 ①) 디지털 뇌신경 브릿지

분야명	디지털 웰·빙 케어	책임PM	박은성
테마(정의)	웰·빙 케어 세포치료 혁신		
주제명	디지털 뇌신경 브릿지 (Bridge Over Troubled Brain)		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
디지털 뇌신경 브릿지 기술 개발	뇌졸중으로 손상된 뇌의 부위를 우회하여 기능을 회복할 수 있을까?	손상된 기능(언어, 지각, 감각, 운동)을 3개월-6개월 내 기존 치료법 대비 30% 이상 회복

연구테마	디지털 웰·빙: The Body

○ **(테마 정의)** 우리 몸의 미스터리를 하나씩 푸는 연구와, 그 지식을 응용하여 몸의 기능 회복 및 건강 유지 실현을 위한 기반 기술을 개발함

○ **(테마 현황 및 필요성)**

- 바이오·의료 기술이 급격히 발전하고 있지만 우리 몸의 현상과 생명 유지 프로세스의 이해도는 아직 불완전한 부분이 많음
- 본 테마 연구개발을 통해 신체 내 바이오 프로세스의 이해와 궁극적으로 몸 기능의 정상화, 질병 회피, 빠른 질병 완치 및 회복의 핵심이 되는 원천 기술의 확보가 필수

○ **(연구 주제)** 뇌졸중 등으로 손상된 뇌의 기능을 디지털 BCI 기술과 뇌 가소성을 응용하여 빠른 시간 내에 회복, 정상화 시킬 수 있는 획기적 기술을 개발, 검증함

○ **(이슈 사항)**

- 전세계 사망 원인의 2위인 뇌졸중의 치료가 늦을 경우 편마미 언어장애 등 장애 발생 확률이 50%
- 현재 뇌줄중 치료는 재활치료 위주로 3개월~수년이 걸리며 완치율은 9%
- 줄기세포, 유전자 치료 등 뇌세포 복원 위주로 개발 진행 중이나 상용화 까지 10년 이상 필요
- 재활치료의 성공률을 능가하며 더 빠른 치료방법의 개발로 50조원의 전세계 뇌졸중 관리 시장의 key player가 되고자 함

○ **(한계 도전적 문제)** 이미 손상된 뇌세포는 복구가 불가능하지만 BCI 기술을 이용 손상된 세포 주위의 세포를 이용 뇌 신호를 우회, 전달하고 뇌의 가소성을 이용하여 복구 가능한 세포를 치료할 수 있겠느냐는 한계도전적 문제 제시로 현재 글로벌 선단 의공학 커뮤니티에서도 시도되본 적이 없는 혁신적 발상임

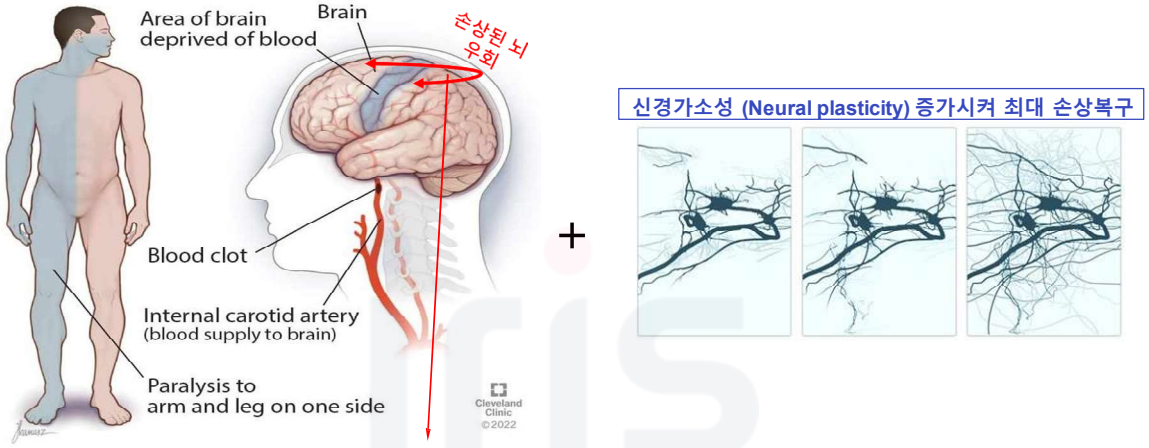
○ **(연구 목표 설정)** 궁극적 목표는 개발된 치료법이 기존의 재활치료만을 진행했을 경우와 비교하여 30% 이상 우수한 결과(시간, 회복정도)를 목표로 함

2. 한계도전 R&D 내용

문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
우회 BCI 연구개발, 뇌가소성 연구개발, 동물실험, 뇌신경과 의사로 구성된 융합 연구 팀 구성이 절대적으로 필수	책임PM 상시 점검을 통한 과정 중심의 평가, 최종 연구목표 달성을 위한 연구자의 핵심 아이디어 구현에 대한 연차별 마일스톤 설정. 마일스톤 확인 후 진행여부 결정

○ **(문제 해결 방안)** 척수신경 우회 치료 개념과 뇌의 가소성을 동시에 적용하여 빠른 시일 내 손상 기능을 회복하는 치료법을 개발하고 검증함

- (척수신경우회) BCI 이용 척수신경 우회 신개념을 뇌의 손상 부위에 적용 시도
- (신경가소성) 손상되지 않은 뇌의 신경가소성(neural plasticity)을 최대로 이용하여(전기자극 등) 손상 부위의 회복을 극대화 함



○ **(과제 운영)**

- 3개 분야 이상의(척수 BCI, 신경가소성, 전기자극, 재활의학 등) 전문 팀 간의 협력과 융합을 끌어내는 것이 필수
- 각 팀별 및 프로그램 차원의 연차별 POC 마일스톤 설정 등 마일스톤 기반 운영 및 수시 과제 점검을 통한 리스크 방지 및 연차별 평가를 통한 연구수행 진행여부 (Go/No-Go) 결정 등 한계도전R&D 운영방식 이용

○ **(관리 방식)**

- 과제 팀간 오픈 디스커션, 프로그램 차원의 공동목표 달성을 위한 상호 적극적 소통과 협력 추진
- 책임PM의 상시 점검 통한 리스크 방지, 개별 실험실 방문, 워크숍 통한 과제팀간 협력과 소통 채널 마련

기술개발 필요 예산	120억원				
국내 기술 수준 (택 1)	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
		√			

❑ (분야 : 디지털 웰·빙 케어, 주제 ②) Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술

분야명	디지털 웰·빙 케어	책임PM	박은성
테마(정의)	웰·빙 케어 의료기기 혁신		
주제명	Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술 (LEON Layer Balloon PCI)		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술 기술 개발	스텐트 보다 더 뛰어난 스텐트 없는 변혁적인 중재 기술이 가능할까?	기존 약물 방출 스텐트, 약물 코팅 풍선과 견줄만한 중재 효과, 합병증과 부작용 50% 감소

연구테마	디지털 웰·빙: The Body

○ **(테마 정의)** 우리 몸의 미스터리를 하나씩 푸는 연구와, 그 지식을 응용하여 몸의 기능 회복 및 건강 유지 실현을 위한 기반 기술을 개발함

○ **(테마 현황 및 필요성)**

- 바이오·의료 기술이 급격히 발전하고 있지만 우리 몸의 현상과 생명 유지 프로세스의 이해도는 아직 불완전한 부분이 많음
- 본 테마 연구개발을 통해 신체 내 바이오 프로세스의 이해와 궁극적으로 몸 기능의 정상화, 질병 회피, 빠른 질병 완치 및 회복의 핵심이 되는 원천 기술의 확보가 필수

○ **(연구 주제)** 혈관내피 Leave-On Layer 기술 개발을 통한 관상동맥 풍선 중재술

○ **(이슈 사항)** 현재 관상동맥 중재술 중 풍선 확장술은 약물 방출 스텐트 보다 중재 효과가 부족하고, 약물 방출 스텐트는 중재 효과가 높으나 혈전 생성, 혈관내피 손상 등의 문제점과 스텐트를 평생 심혈관에 넣고 살아야 하는 문제, 그 때문에 혈전 용해제인 아스피린을 평생 복용해야하는 문제가 있으며 또한 스텐트내 재협착(in-stent restenosis) 등 해결되지 못한 문제가 있음

○ **(한계 도전적 문제)** 혈관협착 또는 재협착 치료법으로 스텐트를 사용하지 않고 약물방출 스텐트와 동일한 효과를 내는 기술을 개발하고자 하는 혁신적 시도이며, 성공한다면 현재 16조원에 달하는 전세계 스텐트 시장에 큰 변혁을 가져올 것임

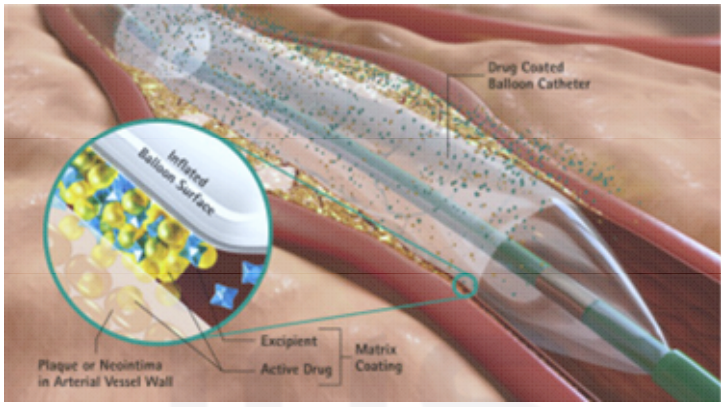
○ **(연구 목표 설정)** 기존 약물 방출 스텐트 또는 약물 코팅 풍선과 견줄만한 중재 효과(즉, 90% 이상)를 보이되 합병증과 부작용, 아스피린 필요성 등은 현재 수준보다 50% 이상 감소한 결과를 보이는 것을 목표로 함

2. 한계도전 R&D 내용

문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
생체적합 약물 방출 layer를 개발하고 관상동맥 내에서 장기적 (~3개월 이상) 약물 방출과 layer의 정착이 가능한 leave-on 기술 및 layer를 풍선 카테터에 접목시키는 기술 동	책임PM 상시 점검을 통한 과정 중심의 평가, 최종 연구목표 달성을 위한 연구자의 핵심 아이디어 구현에 대한 연차별 마일스톤 설정. 마일스톤 확인 후 진행 여부 결정

○ **(문제 해결 방안)** 약물 방출과 관상동맥 내피에 3개월 이상 leave-on 될 수 있는 layer 기술 개발과 그 layer를 풍선 카테터를 통해 전달하는 핵심 기술 개발

1. 약물 방출 특성을 보유하고 혈관내피와 같은 성질을 갖는 layer 개발
2. layer가 혈관 내피에 접합하여 3개월 이상 지속될 수 있는 기술 개발
3. 풍선 카테터를 통해 혈관 내피에 접합할 수 있는 기술 개발



○ **(과제 운영)**

- 특허 우선 확보 필수
- 각 팀별 및 프로그램 차원의 연차별 POC 마일스톤 설정 등 마일스톤 기반 운영 및 수시 과제 점검을 통한 리스크 방지 및 연차별 평가를 통한 연구수행 진행여부 (Go/No-Go) 결정 등 한계도전R&D 운영방식 이용
- 동물실험 검증에 중점을 둠

○ **(관리 방식)**

- 책임PM의 상시 점검 통한 리스크 방지, 개별 실험실 방문, 워크숍 통한 과제팀간 협력과 소통 채널 마련
- 동물실험 디자인 등 역량 있는 팀 중점 선별, 관리
- 의료기기 개발 역량이 있고 GMP 시설을 갖춘 의료기기 제조사 물색 및 과제 후반에 팀 합류

기술개발 필요 예산	200억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
			√		

❑ 혁신 첨단 융합 분야

❍ (한계도전적 문제) Transfomer의 구조적 한계를 극복할 수 있을까?

➟ (도전 목표) 데이터 및 연산 효율화 다양한 형식의 데이터 처리 LLM 등 다양한 응용에 활용

❍ (한계도전적 문제) Adam을 뛰어넘는 AI 학습 최적화 알고리즘 개발

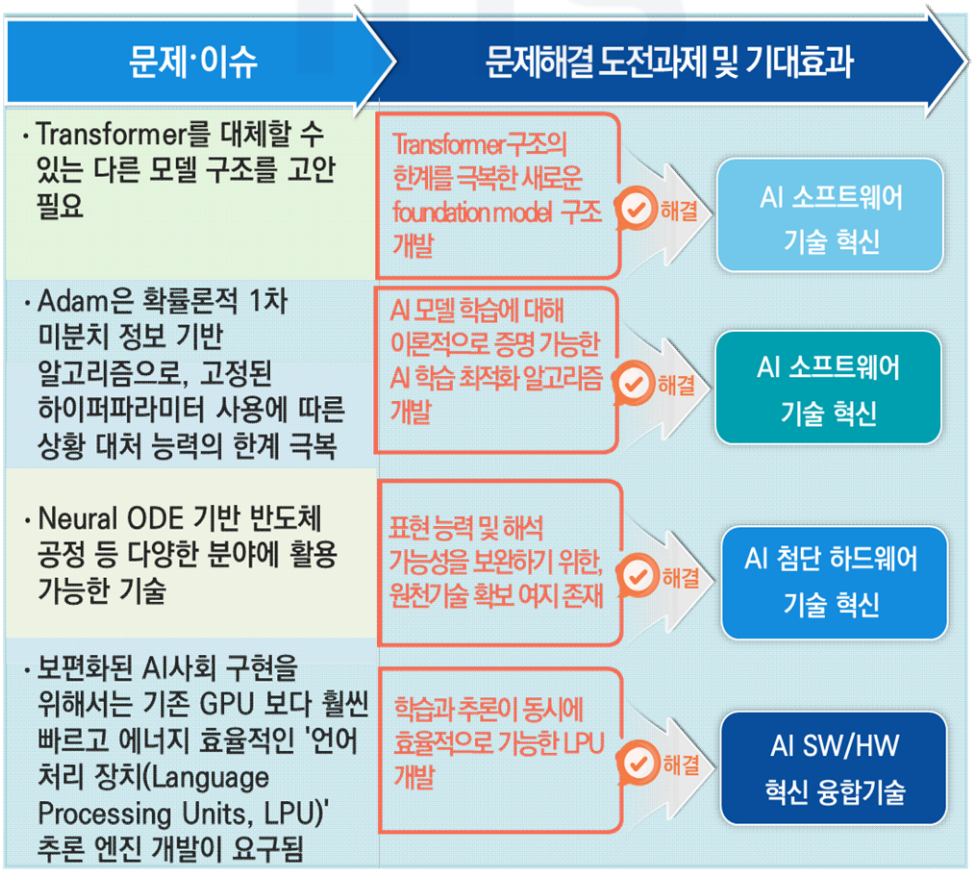
➟ (도전 목표) 문제 구조 자동 적응형 알고리즘 증명 가능한 최적 수렴성 가진 알고리즘 개발

❍ (한계도전적 문제) Neural ODE은 반도체 공정 등 다양한 분야에 활용될 수 있어 파급효과가 높음에도 불구하고 높은 계산 비용 및 학습의 어려움, 안정성 이슈, 실시간 성능 문제 등으로 인하여 활용 미흡

➟ (도전 목표) ODE solver, 표현 능력 및 해석 가능성을 보완하기 위한 연구개발이 진행 중에 있으며, 원천기술 확보 여지 존재

❍ (한계도전적 문제) 보편화된 AI사회 구현을 위해서는 기존 GPU 보다 훨씬 빠르고 에너지 효율적인 '언어 처리 장치(Language Processing Units, LPU)' 추론 엔진 개발이 요구됨

➟ (도전 목표) 학습과 추론이 동시에 효율적으로 가능한 LPU 개발



<그림 6-7> 혁신 첨단 융합 분야 후보과제 도출(안)

❑ (분야 : 혁신첨단융합, 주제 ①) Transformer를 뛰어넘는 foundation model 구조 개발

분야명	혁신첨단융합	책임PM	-
테마(정의)	AI 소프트웨어 기술 혁신		
주제명	Transformer를 뛰어 넘는 foundation model 구조 개발		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계 도전적 문제	도전 목표 설정
AI Foundational Model 혁신	Transfomer의 구조적 한계를 극복할 수 있을까?	데이터 및 연산 효율화 다양한 형식의 데이터 처리 LLM 등 다양한 응용에 활용

연구테마	Next-Generation AI를 위한 Foundation Model 구조 개발

○ **(테마 정의)** 현재의 Transformer 기반의 AI 모델의 한계점을 극복하고, 차세대 AI 연구 및 산업을 이끌 수 있는 혁신적인 AI foundation model 구조를 설계하고 학습하는 기술

○ **(테마 현황 및 필요성)** Transfomer 구조는 foundational model로서 다양한 AI 응용 저변 확대에 기여하고 있지만, 더 고도화된 AI 개발을 위해서는 데이터 및 계산 병목 현상 및 데이터 토큰화 필요 등 한계점을 극복할 수 있는 기술 개발이 요구됨

- Transformer 구조는 다수의 학습 파라미터를 사용으로 인해 다량의 데이터 및 GPU (Graphical Processing Unit) 등 연산 자원을 필요로 함.
- 또한 Transformer 구조는 자연어 처리 모델이라는 태생적 한계로 인해 토큰화가 어려운 데이터를 처리하지 못하는 한계를 지님

○ **(연구 주제)** 고도화되고 다양한 응용 분야에 적용 가능한 차세대 AI 개발을 위해 필요 연산 자원을 효율화하고 및 다양한 데이터를 효과적으로 학습할 수 있는 기존 Transformer을 뛰어넘는 foundation model 구조 개발 필요

○ **(이슈 사항)** 오늘날 대부분의 대형 언어 모델 및 foundation 모델은 '17년 제안된 Transformer 기반으로 개발되고 있으며 Transformer의 self-attention층은 입력 시퀀스 길이의 제곱에 비례하는 연산량이 소모되는 한계점을 가지고 있고, 대량의 데이터와 컴퓨팅 자원을 필요로 하는 문제점 존재. 또한 토큰화(tokenization)가 적절치 않은 수치 데이터 등을 처리하기 어려운 한계점을 가짐.

○ **(한계 도전적 문제)** 최근 Mamba[7] 등 State Space Model이 제시되어 각광 받고 있는바, Transformer를 대체할 수 있는 다른 모델 구조를 고안 필요

- Hidden state 이동을 위한 변환 구조 단순화 및 효율화 필요

○ **(연구 목표 설정)** Transformer 구조의 한계를 극복한 새로운 foundation model 제시

- Transformer 구조의 데이터/연산 비효율성 극복
- 다양한 형식 및 구조의 입력 데이터를 사용 가능한 구조 제시
- LLM을 포함한 다양한 응용 분야에서의 활용 가능성 제시

2. 한계도전 내용

문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
Hidden state 이동을 위한 변환 구조 단순화 및 효율화 연구 수행	최종 연구목표 달성을 위한 연차별 마일스톤 설정과 실증. 마일스톤에 근거한 책임PM의 상시 점검

○ **(문제 해결 방안)** 기존 Transformer의 비효율성을 극복할 수 있는 새로운 모델구조 제시

○ **(과제 운영)**
- 연차별 마일스톤 기반 차년도 연구수행 진행여부(Go/No-Go)를 결정

○ **(관리 방식)** 꾸준한 연구수행이 가능한 능력과 의지가 있는 연구자 선정을 통한 장기적 지원 필요
- 논문 수/특허 수 등의 정량적인 평가보다는 정성적인 peer review를 통해 단계 평가를 하는 방식이 적절
- 연구 과제를 달성하기 위해 인접 주제를 연구하는 국내외 연구자를 초청해 워크샵을 여는 등의 네트워킹에 대한 요구 사항도 포함하여 연구자간 활발한 교류를 권장
- RFP에 구체적인 과업을 제시하기보단 넓은 범위의 분야(ex. next-generation AI)에 대한 자유주제 공모 시도 고려 필요

기술개발 필요 예산	120 억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
		√			

7) https://arxiv.org/abs/2312.00752

❑ (분야 : 혁신첨단융합, 주제 ②) Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발

분야명	혁신첨단융합	책임PM	
테마(정의)	AI 소프트웨어 기술 혁신		
주제명	Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계 도전적 문제	도전 목표 설정
AI 학습 최적화 알고리즘 혁신	Adam을 뛰어넘는 AI 학습 최적화 알고리즘 개발	문제 구조 자동 적응형 알고리즘 증명 가능한 최적 수렴성

연구테마	Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발

○ **(테마 정의)** Adam 최적화 알고리즘이 갖는 학습 속도 한계점을 극복하고, LLM 등 거대 AI 모델 학습 등 최신 요구 사항에 부합하는 새로운 학습 최적화 알고리즘 설계 기술

○ **(테마 현황 및 필요성)** 2014년 OpenAI와 캐나다 토론토 대학에서 제안한 Adam 알고리즘은 현재도 AI 학습을 위한 기본 알고리즘으로 사용되고 있으나, LLM 등 거대 AI 모델 학습에 있어서는 학습 문제의 해를 찾는데 있어 개선의 필요가 있음.

- Adam 알고리즘은 AdaGrad (2011년)와 Momentum (1964년) 방법을 결합한 것으로, 1차 미분치 정보만을 사용, 안장점 도출, AI 모델의 구조에 따른 수렴속도 등 문제가 존재함
- 초거대 AI 학습에 있어 보다 계산 및 시간 효율적인 AI 학습 최적화 알고리즘 개발이 필요함

○ **(연구 주제)** 최적화 알고리즘은 데이터 기반 AI 모델을 학습시키는 데 필수 불가결한 요소로 기존 알고리즘보다 더 효율적인 알고리즘 개발로 장기적 파급효과 창출 가능

○ **(이슈 사항)** Adam은 지난 10년간 딥러닝 모델 학습에 가장 유용한 옵션으로 사용되며 Transformer 학습에는 그 효율성이 더 두드러졌으나 최근 AlgoPerf 벤치마크[8]에서 Adam을 능가하는 Shampoo, Schedule free Adam 등의 알고리즘이 등장함에 따라 학계의 관심 집중. Adam은 확률론적 1차 미분치 정보와 학습 궤적 정보를 활용한 알고리즘으로, 고정된 하이퍼파라미터 사용에 따른 상황 대처 능력의 한계를 지님

○ **(한계 도전적 문제)** 다양한 AI 모델 학습에 대해 이론적으로 증명 가능하며 실험적으로도 가장 빠른 학습 속도를 제공할 수 있는 AI 학습 최적화 알고리즘 개발

○ **(연구 목표 설정)** Adam을 뛰어넘는 인공지능 모델 최적화 알고리즘 개발

- AI 학습 문제의 구조 정보와 학습 궤적 정보를 최적으로 적극적으로 활용
- 적응적인 하이퍼파라미터 자동 선택
- 단순 1차 미분치 정보 사용을 넘어선 학습 문제의 정보 활용
- 이론적인 수렴성 및 수렴 속도 증명

2. 한계도전 내용

문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
문제 구조 자동 적응형 알고리즘 개발을 위한 과제 수행	최종 연구목표 달성을 위한 연차별 마일스톤 설정과 실증. 마일스톤에 근거한 책임PM의 상시 점검

○ **(문제 해결 방안)** 기존의 인공지능 모델을 뛰어넘는 최적화 알고리즘 개발연구 수행

○ **(과제 운영)**
- 연차별 마일스톤 기반 차년도 연구수행 진행여부(Go/No-Go)를 결정

○ **(관리 방식)** 꾸준한 연구수행이 가능한 능력과 의지가 있는 연구자 선정을 통한 장기적 지원 필요
- 논문 수/특허 수 등의 정량적인 평가보다는 정성적인 peer review를 통해 단계 평가를 하는 방식이 적절
- 연구 과제를 달성하기 위해 인접 주제를 연구하는 국내외 연구자를 초청해 워크샵을 여는 등의 네트워킹에 대한 요구 사항도 포함하여 연구자간 활발한 교류를 권장
- RFP에 구체적인 과업을 제시하기보단 넓은 범위의 분야(ex. next-generation AI)에 대한 자유주제 공모 시도 고려 필요

기술개발 필요 예산	120억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
		√			

8) https://mlcommons.org/benchmarks/algorithms/

❑ 스마트 안전 분야

❍ (한계도전적 문제) 현장에서 데이터베이스에 없는 미지의 화학작용제 탐지와 독성 예측 기술의 구현

➟ (도전 목표) 다중 화학분석 및 AI기술을 통합한 Autonomous Guardian 시스템 개발
(현재) 테러현장 실시간 자동화분석 시스템 부재

❍ (한계도전적 문제) 지상 침수 및 해양 사고 현장에서 엔진과 같은 기계장치 없이도 큰 힘을 낼 수 있는 기술의 구현

➟ (도전 목표) 이동과 설치가 간편하고 수중에서 작동 가능한 액추에이터 시스템 개발
(현재) 차수막과 같은 건축구조물 설치하거나 유압 기계장치 사용

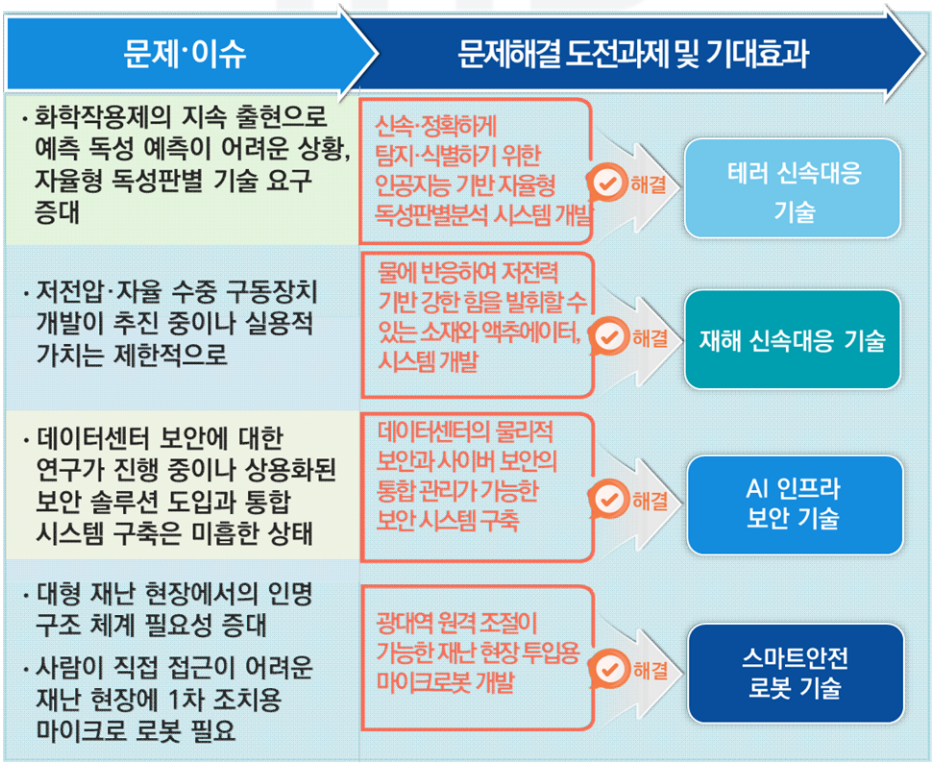
❍ (한계도전적 문제) 데이터센터 보안에 대한 연구가 진행 중이나 상용화된 보안 솔루션 도입과 통합 시스템 구축은 미흡한 상태

➟ (도전 목표) 데이터센터의 물리적 보안과 사이버 보안의 통합 관리가 가능한 고도화된 보안 시스템 구축

❍ (한계도전적 문제) 대형 재난 현장에서의 인명 구조 체계 필요성 증대

- 사람이 직접 접근이 어려운 재난 현장에 1차 조치용 마이크로 로봇 필요

➟ (도전 목표) 나노소재 기술을 기반 광대역 원격 조절이 가능한 재난 현장 투입용 마이크로봇 개발



<그림 6-8> 스마트 안전 분야 후보과제 도출(안)

❑ (분야 : 스마트안전, 주제 ①) 미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발

분야명	스마트안전	책임PM	-
테마(정의)	테러 신속대응 기술		
주제명	미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
미지 화학작용제 자동화 독성판별 시스템	현장에서 데이터베이스에 없는 미지의 화학작용제 탐지와 독성 예측 기술의 구현	다중 화학분석 및 AI기술을 통합한 Autonomous Guardian 시스템 개발 (현재) 테러현장 실시간 자동화분석 시스템 부재

연구테마	테러 신속대응 기술

○ **(테마 정의)** 테러 신속대응 기술은 위협 상황에서 신속하고 효과적인 대응을 통해 국민의 생명과 안전을 보호하기 위해 필수적인 공공기술임. 위협을 탐지하고 식별할 수 있는 기술을 바탕으로 자동화된 응급 대응 시스템을 가동하여 피해를 최소화할 수 있음

○ **(테마 현황 및 필요성)** 국제 분쟁과 테러 위협의 증가, 기후 변화로 인한 자연 재해의 빈도 및 강도 증가는 공공안전을 위한 신속 판단과 대응 기술을 요구함.

- CBRNE(화학, 생물학, 방사능, 핵, 폭발물) 위협의 진화는 인명 구조와 피해 최소화를 위한 신속 대응 기술 확보에 어려움을 가져옴.
- 복잡한 도시 환경에서의 효과적인 대응과 잘못된 정보로 인한 혼란을 방지하기 위해서는 AI기술을 연계한 정밀하고 신속한 실시간 상황 인식 능력을 강화할 필요가 있음

○ **(연구 주제)** 미지의 화학작용제 탐지를 위한 자동화 분석 및 독성판별 시스템 개발

- 정밀 화학분석 기술 및 첨단 AI 기술을 통합한 자율형 독성감지(autonomous guardian) 시스템으로 미지의 화학작용제를 신속히 탐지 식별함

○ **(이슈 사항)** 새로운 화학작용제는 지속적으로 출현하고 있으며, 기존 database에 존재하지 않는 물질의 경우 효과적으로 식별하기 어려울 뿐만 아니라 그 독성에 대한 예측도 불가능한 상황임

- 러시아의 나발리에 대한 노비촉(Novichok)계열의 신경작용제 독살 시도, 김정남 암살에 사용된 VX 등 화학물질 테러 위협은 치명적이고 지속적으로 증가함
- 기존 분석 시스템은 탐지 범위가 제한적이고 분석 속도가 느릴 뿐만 아니라, 분석 전문가의 수작업에 의존하고 있어 신속 판별과 대응 체계 마련이 제한적임.

○ **(한계 도전적 문제)** 테러현장에서 미지의 화학작용제를 탐지하고 독성을 식별하기 위해서는 각종 정밀화학분석 장비 운영과 전처리 공정 등을 자동화하고 독성판별 AI 화학분석 기법이 통합된 시스템 개발이 요구됨.

- 독립된 시스템에서 분석자 없이 로봇이 모든 분석 작업(전처리 공정 포함)을 수행하는 완전 자율형 독성판별 기술은 존재하지 않음

○ **(연구 목표 설정)** 신종 및 미지의 화학작용제를 신속하고 정확하게 탐지, 식별할 수 있는 AI기반 자율형 독성판별 분석 시스템을 개발

- 다중 분석 기술을 통합한 자동화 시스템 개발, 각 분석법에 최적화된 자동 샘플 준비 및 전처리 기술 개발, AI기반 데이터 통합 및 해석 시스템 구축, 미지 화학작용제의 구조 및 독성 예측 모델 개발, 클라우드 기반 원격 모니터링 기술

2. 한계도전 R&D 내용

문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
분석화학, 양자화학, AI, 로봇 자동화 전문가를 포함한 융합형 과제를 선정 - 연 40억내외/3년	최종 연구목표 달성을 위한 연차별 마일스톤 설정과 실증. 마일스톤에 근거한 책임PM의 상시 점검

○ **(문제 해결 방안)** H/W 차원에서는 새로운 분석 장비의 개발보다는 자동화 통합 운영 체계의 마련에 중점을 두고, S/W 차원에서의 AI 화학독성 예측 기술을 개발하여, 분석결과의 신뢰성과 현장 적용성을 확보함.

- (다중분석 시스템 개발 및 통합) 다양한 분석 기술(GC-MS, LC-MS, FTIR, Raman 분광법 등)의 통합 플랫폼 설계, 자동화된 샘플 준비 및 주입 시스템 개발, 실시간 데이터 수집 및 동기화 메커니즘 구현
- (AI 기반 데이터 분석 및 해석 시스템) 대규모 화학물질 데이터베이스 구축 및 관리 시스템 개발, 머신러닝 및 딥러닝 기반의 스펙트럼 분석 알고리즘 개발, 미지 물질 식별을 위한 구조-활성 관계(SAR) 예측 모델 구현
- (시스템 통합 및 현장 적용성 검증) 하드웨어와 소프트웨어의 효율적 통합 및 최적화, 분석 인터페이스 및 결과 시각화 도구 개발, 현장 모의실험을 통한 시스템 성능 검증

○ **(과제 운영)**

- 연차별 마일스톤 기반 차년도 연구수행 진행여부(Go/No-Go)를 결정



1차년도 2차년도 3차년도

○ **(관리 방식)**

- 통합형 과제를 선정하고, 수시 점검 및 단계 평가를 실시
- 책임PM의 개별 실험실 방문 이외에 워크숍 형태의 협력과 소통 채널을 마련
- 각 유관기관 및 국방관련 기술수요자 자문과 평가를 실시간 반영

기술개발 필요 예산	120억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
			√		

❑ (분야 : 스마트안전, 주제 ②) 물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동 반응 소재 시스템 개발

분야명	스마트안전	책임PM	-
테마(정의)	재해 신속대응 기술		
주제명	물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동 반응 소재 시스템 개발		

1. 한계도전 문제해결 필요성

연구 주제	한계도전적 문제	도전 목표 설정
수중 자동 반응 파워 액추에이터 소재 및 시스템	지상 침수 및 해양 사고 현장에서 엔진과 같은 기계장치 없이도 큰 힘을 낼 수 있는 기술의 구현	이동과 설치가 간편하고 수중에서 작동 가능한 액추에이터 시스템 개발 (현재) 차수막과 같은 건축구조물 설치하거나 유압 기계장치 사용

연구테마	재해 신속대응 기술

○ **(테마 정의)** 대형 인명피해가 우려되는 자연재해나 해양사고 상황에서 신속하고 효과적인 대응을 통해 국민의 생명을 보호하고 안전을 도모하기 위한 필수적인 공공 안전기술

○ **(테마 현황 및 필요성)** 기후변화로 인한 자연재해의 빈도와 강도 증가, 빈발하는 해양 안전사고의 발생, 해저자원 개발의 필요성 증가는 사고 현장에서 신속 대응이 가능한 혁신적인 안전 기술을 요구함.

- 홍수로 인한 지상 침수 피해를 줄이기 위한 차수문(차수막)은 건축구조물로 사전에 설치되거나 비상 상황에서 사람이 현장에서 직접 설치해야 함. 침수 상황에서는 크레인과 같은 대형 엔진 구동 기계장치의 현장 접근이 제한되어 침수 상황이 끝나기까지 기다릴 수밖에 없는 한계가 있음.
- 해양 사고 구조임무를 지닌 잠수부의 경우, 호흡을 도와주는 장비 외의 구조장비를 휴대하기가 매우 어려워, 가볍고 강력한 힘을 낼 수 있는 휴대형 장비가 필요

○ **(연구 주제)** 수중에서 작동할 수 있는 자동 반응 액추에이터 소재 및 시스템 개발

- 물과 자동 반응하여 고출력을 낼 수 있는 하이드로젤 신소재를 개발하고 이를 이용하여 저전압에서 구동할 수 있는 고출력 기기와 안전 구조물을 개발

○ **(이슈 사항)** 해양 또는 침수 상황에서는 무거운 물체를 들거나 옮겨야 하는 필요가 자주 발생하며, 현재까지는 주로 크레인이나 인양선, 굴착기 등의 엔진을 기반으로 한 대형 기계장치를 이용하고 있음.

- 현재 기술 중에는 공압 및 유압 시스템과 같은 대안이 있지만, 그 무게와 부피가 커서 휴대가 불편하고 작동 전압이 높아 수중에서 사용하기에 적합하지 않음

○ **(한계 도전적 문제)** 지상 및 해양 재난 현장에서의 대응력을 크게 높일 수 있는 공공안전 기술로, 물속에서 낮은 전력을 사용하여 빠른 속도로 큰 힘을 발생시키거나 원하는 형태의 튼튼한 구조체를 형성할 수 있는 시스템 개발이 요구됨

- 최근 개발된 소프트 액추에이터 기술들은 작동 전압이 낮고, 수중 구동이 자유롭다는 장점이 있으나, 발생시키는 힘이 현저히 낮아 실용적 가치가 제한적

○ **(연구 목표 설정)** 수중에서 낮은 전력으로 큰 힘을 빠르게 생성하거나 강력한 구조물을 만들 수 있는 소재를 개발하고, 디바이스화를 통해 수중에서 작동할 수 있는 액추에이터를

개발하여, 해양사고 및 침수 상황에서 효과적으로 대응할 수 있는 시스템을 구현
- 물과 반응하는 자극 응답성 소재 개발, 소재 무게 대비 수만 배 이상의 큰 힘을 낼 수 있는 구조체 기술, 저전압 구동이 가능하며 이동과 설치가 간편한 현장 대응형 엑추에이터 시스템 개발

2. 한계도전 R&D 내용

문제 해결 방안	과제 운영, 관리 방안
이온성 고분자 소재, 소프트 로봇, 미세유체역학 전문가를 포함한 융합형 과제를 선정 - 연 40억내외/3년	최종 연구목표 달성을 위한 연차별 마일스톤 설정과 실증. 마일스톤에 근거한 책임PM의 상시 점검

○ **(문제 해결 방안)** 물과 반응하며 낮은 전력 소비를 바탕으로 빠르고 강력한 힘을 발휘할 수 있는 소재를 개발하고, 이를 바탕으로 큰 수압 및 외력에 견딜 수 있는 수중 구조체와 엑추에이터 시스템을 제작하여 수중 재난 현장 적용성을 확보함
- (소재) 높은 삼투압을 가지며, 높은 파괴 인성을 갖고, 저전력으로 구동이 가능한 고분자 네트워크 재료(하이드로젤)의 개발
- (시스템 설계 제작) 내부의 높은 응력을 버틸 수 있는 물과 이온이 투과 막 연구를 통한 저전력 고출력 액추에이터 개발, 고분자 네트워크 복합체의 수중 팽윤 거동 예측 및 힘 발생 및 변형 속도 제어 기술을 융합한 시스템 디자인 제작
- (시스템 제어 및 현장 적용성 검증) 자동 차수 시스템, 해양 구조용 키트, 수중 구조체 등 현장 적용성이 고려한 응용 시스템 개발 및 실증 평가

○ **(과제 운영)**
- 연차별 마일스톤 기반 차년도 연구수행 진행여부(Go/No-Go)를 결정



1차년도 2차년도 3차년도

○ **(관리 방식)**
- 통합형 과제를 선정하고, 수시 점점 및 단계 평가를 실시
- 책임PM의 개별 실험실 방문 이외에 워크숍 형태의 협력과 소통 채널을 마련
- 각 유관기관 및 안전관련 기술수요자 자문과 평가를 실시간 반영

기술개발 필요 예산	120억 원				
국내 기술 수준	기초연구 단계 (TRL 1~2)	실험 단계 (TRL 3~4)	시작품 단계 (TRL 5~6)	실용화 단계 (TRL 7~8)	사업화 단계 (TRL 9 이상)
			√		

제7장. 사업 타당성 분석

7.1 과학기술적 타당성 분석

7.2 정책적 타당성 분석

7.3 경제적 타당성 분석

7.4 파급효과 및 기대효과 분석

7장 사업 타당성 분석

1절 과학기술적 타당성 분석

❑ 과학기술적 타당성 분석

❍ 과학기술적 타당성 분석은 연구개발부문의 예비타당성조사에서 가장 중요한 항목으로 국가적 차원의 문제나 이슈를 해결하기 위해 과학기술기반 정책수단을 통한 사업계획의 충실성을 분석하기 위한 조사항목

- 연구개발활동을 명확하게 정의하여 과학기술분야의 비정형성을 합리적인 수준으로 통제하고, 예산집행 결과로써의 예상 효과와 연구개발사업 추진으로 인한 발생 문제를 검토함으로 제시된 목표를 달성하기에 최선의 방안인지에 대한 여부를 판단하는 정보 제공의 역할 수행

❍ 과학기술적 타당성 분석을 위해 문제/이슈 도출의 적절성, 사업목표의 적절성, 세부 활동 및 추진전략의 적절성에 대한 검토 시행

- 과학기술적 타당성 분석은 연구개발부문의 예비타당성조사의 항목으로서, 국가적 차원의 문제나 이슈를 해결하기 위해 과학기술기반 정책수단을 통한 사업계획의 충실성을 분석하기 위한 조사항목
- 2계층 평가항목은 3개 항목으로 구성되며, 예비타당성조사가 수행되는 모든 국가연구개발사업에 대하여 해당 항목에 대한 쟁점을 도출하여 분석을 시행
- 과학기술적 타당성 분석 항목은 2024년 7월에 발간된 「국가연구개발사업 예비타당성조사 메뉴얼」을 참고하여 검토

<표 7-1> 과학기술적 타당성 분석의 기본평가항목 구성

2계층 항목	의미
문제/이슈 도출의 적절성	• 문제 · 이슈 식별 과정의 적절성
	• 과학기술기반 문제 · 이슈 정의의 적절성
사업목표의 적절성	• 식별된 문제 · 이슈와의 연관성
	• 사업목표 설정의 적절성
세부활동 및 추진전략의 적절성	• 세부활동 구성 및 내용의 구체성과 연계성
	• 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성

1 문제/이슈 도출의 적절성

가) 문제 · 이슈 식별 과정의 적절성

(1) 사전 기획활동 등을 통해 식별(또는 발굴) 된 문제/이슈의 적절성

❑ 문제/이슈 발굴은 메가트렌드(STEEP) 분석, 국내외 현안 분석과 자료 조사 등을 통해 주요 문제를 도출하고 책임PM 주도 하에 분야별 전문가 의견수렴, 한계도전전략센터의 의견 조율 등을 통해 핵심 이슈 도출 수행

❍ (1단계) 대내외 환경분석, 국내외 현안 진단(정책, 시장 등), 유관 사업 조사 등의 자료 분석을 통하여 주요 문제 도출 수행

<표 7-2> 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 과학기술 정책	• 다년간의 차세대 성장동력 육성 노력에도 불구하고 선도국과의 기술격차가 뚜렷
주요국 R&D 추진 현황	• 차세대 성장동력 분야의 핵심 원천기술을 확보하지 못할 경우 신산업 분야 및 국가경쟁력의 상실 우려
유사사업 분석	• 국가간 무역분쟁이 심화되고 있어, 산업밸류체인 단절에 대비한 핵심기술 확보 필요
국가연구개발사업 분석	• Fast Follower로서 단기간 고성장을 실현했으나 R&D전략의 한계 노출
기존 국가연구개발사업 및 도전 · 혁신형 사업 분석	• 대형 · 집단연구 형태의 융복합 기술개발 및 협력 지원체계 부족
국가연구개발사업 한계점 분석	• 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 확보를 통해 연구개발의 활성화 및 경제 · 사회적 파급효과를 가졌으나, 사업종료로 성과단절 우려
	• 차세대 성장동력 확보를 위한 도전 · 혁신형 R&D 사업 필요

❍ (2단계) 도출된 주요 문제를 기반으로 동 사업의 필요성, 추진 당위성 확보를 위한 문제/인식(안) 검토 및 핵심이슈 도출 수행

<표 7-3> 핵심이슈 도출

주요 문제 요소	핵심이슈 도출
• 차세대 성장 동력 확보를 지원할 수 있는 체계적인 대형 연구개발사업 부족	새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각
• 해외 주요국은 미래사회 대응을 위한 차세대 성장동력 분야 기술경쟁 치열	
• 다년간의 차세대 성장동력 육성 노력에도 불구하고 선도국과의 기술격차가 뚜렷	
• 차세대 성장동력 분야의 핵심 원천기술을 확보하지 못할 경우 신산업 분야 및 국가경쟁력의 상실 우려	기술선도국의 변혁적 기술확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 High Risk High Return 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진
• 국가간 무역분쟁이 심화되고 있어, 산업밸류체인 단절에 대비한 핵심기술 확보 필요	
• 장기적인 관점에서 원천기술을 축적하고 활용하기 위한 연구개발 지원체계 부족	대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움
• 예측하기 어려운 미래 환경변화에 따라 능동적으로 대응하기 위한 관리방안 필요	
• 핵심 원천기술의 확산을 통해 연구개발의 활성화 및 경제적 · 사회적 파급효과를 가졌으나, 사업종료로 성과단절 우려	변혁적 기술 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 한계도전 R&D 프로젝트의 확대 필요
• 차세대 성장동력 확보를 위한 대형 연구개발사업인 도전 · 혁신형 R&D 사업 필요	

❑ 핵심 이슈와 SWOT 분석을 통한 추진 방향성 도출

❍ 우리나라의 내외부 역량 파악을 통한 추진 방향성 도출을 위해 SWOT분석 수행

<표 7-4> SWOT 분석

내부역량 / 외부역량		강점(S)	약점(W)
		• Fast-Follower로서 다년간 확보한 R&D Stock의 축적 • 핵심 원천기술 개발 역량을 갖춘 대학 및 연구소와 원천기술을 수요할 수 있는 산업적 역량 기 확보 • 글로벌 최고 수준의 공공 R&D 투자성향	• 해외 대비 변혁적 기술 확보 목적으로 설계된 사업의 실 추진 사례 및 성과 부족 • 위험성을 기피하는 연구문화 및 연구시스템 • 높은 R&D 투자에도 불구하고 성과는 부족한 R&D 패러독스 현상의 지속 • 연구성과가 쉽게 축적되지 못하는 기존 R&D시스템 한계
기회(O)	• Game Changer형 기술확보의 중요성 인식 • 글로벌 R&D 선도국의 변혁적 기술 확보에 대한 관심 상향 • 사회변화에 대응한 임무지향적 R&D 투자 필요성 인식에 따른 선도 사례 존재	[SO전략] • (SO1) 기 확보한 R&D Stock을 활용, 확산하는 R&D 추진 • (SO2) 미래사회에 요구되는 임무지향적 R&D 투자 추진	[WO전략] • (WO1) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&D관리체계 도입 • (WO2) 해외 변혁적 · 임무지향적 R&D 프로그램 성공사례 벤치마킹
위협(T)	• 코로나-19, 기술패권경쟁 등 글로벌 불확실성 심화 • 해외의 다년간의 변혁적 · 임무지향적 R&D 투자 프로그램 · 조직 마련	[ST전략] • (ST1) 기 확보한 R&D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 혁신기술 확보 • (ST2) 불확실성에 대비한 장기 · 유연 R&D 투자	[WT전략] • (WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입 • (WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹

❍ 핵심 문제/이슈와 SWOT 분석 매칭을 통한 추진 방향성 도출

<표 7-5> 추진 방향성 도출

문제/이슈	SWOT	방향성
• 새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각	• (SO2) 미래사회에 요구되는 임무지향적 R&D 투자 추진 • (ST1) 기 확보한 R&D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 혁신기술 확보	도전적이고 명확한 임무형 분야 설정 ▼ 변혁적 성과 창출에 도전하는 혁신적 기획체계 구축
• 기술선도국의 변혁적 기술확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 HRHR 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진	• (ST2) 불확실성에 대비한 장기 · 유연 R&D 투자 • (SO1) 기 확보한 R&D Stock을 활용, 확산하는 R&D 추진	책임PM 주도의 장기 · 유연한 연구관리 시스템 도입 ▼ 자율과 책임에 기반한 HRHR 관리체계
• 대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움	• (WO2) 해외 변혁적 · 지향적 R&D 프로그램 성공사례 벤치마킹 • (WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입	전담지원 조직을 통한 집중적인 사업관리 ▼ 변혁적 성과 창출을 위한 유연한 연구구조
• 변혁적 기술 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 한계도전 R&D프로젝트의 확대 추진 필요	• (WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹 • (WO1) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&D관리체계 도입	성과 활용을 위한 체계적인 지원 ▼ Scale-up

방향성	추진 전략
글로벌 난제에 도전하는 기획체계 구축	• 도전적이고 명확한 임무중심형 연구분야 설정
	• 책임PM 주도의 자문단 운용 및 외부 지원 조직을 통한 글로벌 난제 도전 주제 발굴
자율과 책임에 기반한 HR-HR 관리체계 구축	• 책임PM 주도의 장기 · 유연한 연구관리 시스템 도입
	• 독립체계 구축을 통한 의사결정체계의 신속성과 전문성 확보
변혁적 성과 창출을 위한 유연한 연구구조	• 책임PM의 자율, 책임, 권한으로 도전적 연구 수행
	• 명확한 임무, 목표 설정으로 변혁적 성과 지향
Scale-up	• 성과 활용을 위한 T2I(Tech to Impact) 내 전문 기술사업화조직 운용
	• Scale-up R&D 지원을 통한 조기 성과창출 체계 구축

나) 과학기술기반 문제·이슈 정의의 적절성

(1) 식별된 문제/이슈를 해결하기 위해 국가적 차원에서 별도의 R&D 사업 추진 필요성(과학기술기반 문제해결의 중요성·필요성)

❑ 미래 사회경제적인 게임체인저가 될 수 있는 변혁적 혁신기술 확보

❍ 세계 각국의 미래사회 대응을 위한 미래전략 수립 추세이나, 국내 미래 연구역량은 취약함

- 세계 각국은 미래 이슈 예측 및 대응을 위한 미래전략의 체계적 수립을 위해 범국가 차원의 노력*을 강화하는 상황

➟ 미국, 영국, 호주, 핀란드 등은 선진국은 foresight 활동을 통해 국가 차원의 미래전망 및 전략보고서를 주기적으로 발간하고 있으며, 최근 기획재정부는 장기전략국 및 중장기전략위원회를 설치하고 장기전략보고서를 작성 중

* 전담 조직 설치, 광범위 전문가 네트워크 구축 및 미래이슈에 대한 지속적인 모니터링 시스템을 구축하는 등

- 각종 도전적 글로벌 이슈에 대한 우리나라 관점의 R&D 역량은 매우 취약한 상황으로 미래사회 대응관점에서 주요국 대비 뒤쳐져 있는 상황

➟ 글로벌 이슈에 대한 현황 및 미래 전망은 주로 해외 선진국에서 발표되는 보고서에 의존하고 있으며, 이에 대한 탐색·분석·활용을 통해 한국적 맥락에서 재해석 및 미래 이슈대응에 대한 준비는 부족

❍ 사회 변화 및 과학 발전이 가속화되고 있고, 도적적인 사회경제적 문제가 다양해지면서 선제적 대응이 어느 때보다 시급

- 사회와 과학의 발전 가속화는 도전적 과제의 다양화되고 있으며, 그 영향력 또한 국민 다수에게 확대되는 등 확장되는 특성이 있어,

- 미래의 불확실성과 문제의 복잡성, 급변하는 미래사회 전망을 고려한 국가차원에서의 선제적 대응이 어느 때보다도 시급함

➟ 국내 성공률 10% 이하의 고위험·고수익(HRHR) 중심의 기술개발 지원사업이 없었고, 세계적인 추세이므로 사업추진이 시급

* (해외사례) Prize challenge(英, 2013~), Moon-shot(日, `19~, 1,000억엔 규모) 등은 HRHR을 지원

❍ 사회경제적으로 판도를 바꿀 수 있는 변혁적 핵심원천기술을 개발하고 국가경쟁력 확보 필요

- 국가 현안 문제를 대응할 수 있는 임무 중심의 변혁적 기술 확보를 통해서 기술주권을 확보하고 국가경쟁력을 가질 수 있음

➟ 최근 일본의 소재·부품·장비 규제 사례에서도 알 수 있듯, 획기적인 기술개발을 통해 해외시장을 선점한 것에 대한 영향력이 매우 크고, 이에 따라 우리나라 또한

국가경제의 대외의존도를 낮추는 것이 안정적인 경제성장을 가능케 함

- (핵심원천기술 확보 시급) 주력산업 경쟁력 약화, 신산업 창출 및 준비 미흡의 문제를 극복할 방안으로 국가경쟁력 확보를 위한 핵심원천기술 확보가 시급하게 선행되어야 함

  * 삼성디스플레이 시장 점유율 전망치는 56%로 전년대비 12%감소하였고 이는 중국 업체의 가격 인하 때문으로 추정[9)]

❑ 고위험·고수익(HRHR) R&D 지원을 통해서 혁신기술 기반의 미래성장동력 확보

❍ 기술패권주의에 대응한 변혁적 혁신기술 기반의 신성장공식 필요

- 4차 산업혁명 등 플랫폼 중심의 기술이 가속화될수록 기술패권주의는 더욱 확대될 것이며, 일류기술을 가진 국가 및 기업이 시장에서의 영향력이 높아질 것임

- 선진국은 기술료를 받고 핵심부품을 판매하면서 새로운 특정기술*로 진입장벽을 높여 추격자들과 기술수준의 격차를 유지 중

  * 특정기술: 일정분야에서 해당 기술을 사용하지 않으면 안 되는 주요기술

  ➟ 현재, 기존의 선진국을 넘어서기 어려울 뿐 아니라 후발국의 추격도 따돌릴 수 없는 것이 현실

  * (예시) 미국 퀄검은 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

- 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

9)삼성D, 올해도 모바일용 OLED 시장 1위···점유율은 하락, 시사저널e, 2023.1.14.

(2) 문제/이슈를 해결하기 위한 R&D사업 이외의 다른 효율적인 정책대안의 존재 여부 파악

❑ 정부는 세계 최고·최초를 지향하는 혁신적인 연구에 연구자들이 실패에 대한 걱정없이 도전 할 수 있도록 만들기 위하여 혁신도전형 국가 R&D 사업 협의체를 출범('24.3.)

❍ 한계도전 R&D 프로젝트는 그 중 대표사업으로 분류되어 사회·경제적 패러다임을 전환하는 파괴적 혁신 기술개발과 도전·혁신 R&D 생태계 조성에 위해 '23년부터 시범사업으로 수행

- 소극적 과제 목표달성을 위한 R&D 환경을 타파하고 도전적이고 과감한 연구를 통한 변혁적 성과 창출을 도출하는 R&D 체계로 전환하기 위해선 한계도전 R&D사업의 확대가 필요

❍ 도전적인 연구목표를 가진 프로그램의 규모 확대와 창출 성과의 산업계·연구계 확산을 위하여 한계도전 R&D 프로젝트를 위한 장기적인 지원체계가 필요함에 따라 기존 한계도전 R&D 프로젝트의 규모와 범위 확대를 위한 예타 사업 필요

- 변혁적 기술 창출을 위한 고위험·고수익(HRHR)형 연구 분야는 성공 시 사회·경제적 높은 파급효과를 주는 게임체인저 창출을 위한 연구로 정부의 지원이 필수적

- 혁신적인 성과 창출과 혁신기술을 확보하기 위한 변혁적 연구는 국가경쟁력 및 미래 성장동력을 선점하기 위해 필수임에 따라 정부 주도의 대형 프로젝트 필요

<표 7-6> 문제인식 및 해결방안

(5) 전략(대안)	(6) 가정
• 유연·자율성을 기반으로 하는 도전적 연구환경 조성 • 변혁적 기술개발 체계 마련	• 글로벌 기술 패권경쟁 심화로 인한 변혁적 원천기술 확보 필요 • 우리나라 국가연구개발 제도화에 따른 고착 현상으로 도전적인 연구 수행 감소 • 변혁적 기술 확보를 위한 연구개발 인프라 역량을 보유하고 있으므로, 도전적 연구를 수행 할 수 있는 연구환경 조성 필요

▼

(4) 영향요인	(1) 문제/이슈의 설명	(3) 희망하는 결과
• 미래사회 대응, 국가 기술경쟁력 강화 및 경제성장을 위한 돌파구 마련 시급 • 경쟁국의 미래 혁신기술의 예측 및 수요시장에 대한 적극적인 활동 증가 • 세계 신시장 선도를 위한 First-Mover 기술혁신 동력 확보 필요	• 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구환경 조성전략적 지원 필요 • 국내에서는 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황 • 기존 한계도전 R&D 프로젝트를 확대하여 도전적 연구체계 구축·확산과 램으로 전환 필	• 미래 성장동력을 확보를 통한 변혁적 기술 개발 및 다양한 분야 확산을 통한 국가 경쟁력 제고

(2) 사회적 필요/자산
• 유관분야 전문인력(연구소, 대학, 기업 등) • 유관분야 기업 및 연구소 • 정부 지원 금액(6,749억)

(3) 과학기술 분야의 속성을 고려한 정부지원 역할의 적절성

❑ 동 사업은 민간에서 수행하기 어려운 실패 가능성이 높으나 연구개발 성공 시, 사회·경제적 파급력이 높은 HR-HR(High Risk-High Return) R&D 수행

❍ 동 사업을 통해 창출되는 성과는 다양한 분야로 확산되어 새로운 연구개발로 이어지는 파급력 높은 기술임에 따라 정부의 지원이 필요

- 이때의 연구개발 과제들은 기존 국가사회적 난제 해결을 위한 연구개발들로 차세대 미래기술 탐색 영역과 원천기술 선점을 위한 영역에 걸쳐서 수행될 가능성이 높아, 정부는 기술공급자 겸 시장조성자이자, 민간의 투자를 유도하는 기술협력자 역할을 수행할 예정임

❑ 우리나라의 경제성장률은 OECD 회원국 평균보다 낮은 성장률을 기록하며 저성장 국면을 맞이하고 있고, 이를 탈피하기 위해 경제·사회적 파급력이 높은 변혁적 연구개발 추진 필요

❍ (변혁적 기술의 가치) 변혁적 기술은 고위험·고수익 기술이지만 핵심원천성을 지니고 있어 기존의 사회·경제적 패러다임을 바꿀 수 있을 만큼의 영향력을 보유

- 장기 저성장 국면을 탈피하기 위해 한국은 원천·핵심기술 기반의 신산업 창출을 통한 경쟁력 제고가 시급하다는 점이 중론

❍ 기존의 국가연구개발사업은 달성이 쉽고 양적 성과 창출을 위한 연구를 중심으로 추진*되고 있어 높은 과제 성공률 대비 First-Mover로의 전환을 위한 혁신적 기술 확보에는 미흡

* 최근 5년간 정구 R&D 성공률은 99.1%이나 사업화율은 42.9%,[10)]

- 우리나라는 기술 패권 경쟁에서 우위를 선점할 최고기술을 확보하지 못하고 있는 상황으로 파악

<표 7-7> 2022년 과학기술 기술평가 결과

구분	한국			중국			일본			EU			미국		
	`18	`20	`22	`18	`20	`22	`18	`20	`22	`18	`20	`22	`18	`20	`22
기술격차	3.8	3.3	3.2	3.8	3.3	3.0	1.9	2.0	2.2	0.7	0.7	0.9	0.0	0.0	0
기술수준	76.9	80.1	81.5	76.0	80.0	82.6	87.9	87.3	86.4	94.8	95.6	94.7	100.0	100.0	100.0

수준구간	미국	한국	중국	일본	EU
최고기술	43개	4개	3개	6개	3개
90% 이상	5개	9개	13개	7개	32개
80~90%	2개	24개	26개	27개	13개
80% 미만	-	13개	8개	10개	2개

* 2022년도 기술수준평가결과(안), 과학기술정보통신부, '24.02.

10)산기평, 기업 비즈니스 모델 '사업화' 위한 R&D 개시, 전자신문(etnews), 2022.12.27

<표 7-8> 세계 최고 기술 개수

구분	한국	중국	미국	합계
세계 최고 기술 개수	0	53	11	64

- 단기성과 R&D, 단발성 R&D, 나홀로 R&D 등 기존의 R&D 방식으로는 새로운 영역의 시장을 창출할 수 있는 파워를 갖추기 어려운 상황

- 사회경제적으로 파급력이 높은 변혁적 기술개발은 오랜 기간과 높은 예산이 필요하나 끊임없는 혁신 연구개발를 수행하는 체제 정착 필요

  ➟ 새로운 개념 혹은 새로운 접근방법의 기술개발을 이루지 않는다면, 기술패권경쟁 시대에 기술 주권 확보 및 자립이 매우 힘든 상황

❍ 기존 R&D 전략이였던 Fast-follower를 통한 성장에 한계에 직면한 상황에서, 글로벌 패권 우위 선점 및 기술리더십 확보하기 위해 First-Mover 전략 수행 필요

- 최근 기술패권주의와 기술 무역장벽 등 기술이 시장지배력과 국가의 위상을 판단하는 중요한 척도로 인식

❍ 미래 사회경제적 패러다임을 바꿀만한 변혁적 기술확보를 통해 미래 성장동력을 확보하고 핵심원천기술 개발을 통해 국가경쟁력을 선점해야 함

- 실패 가능성이 높으나 성공 시, 국가사회적 파급효과가 큰 특성을 지닌 도전·혁신형 R&D 연구환경 조성을 위한 국가의 연구역량 결집이 필요

  ➟ 이를 토대로 연구자가 창의성을 발휘할 수 있는 고위험·고수익 R&D를 수행하여 혁신적이고 독창적인 기술개발 창출이 가능

❑ 동 사업은 국가연구개발의 투자 효율성 제고 및 창출 성과 활용·확산 촉진을 위해 필요한 사업

❍ 우리나라는 GDP 대비 R&D 연구비 투자는 세계 2위를 유지하고 있으나 질적 성과는 순위 대비 미치지 못하는 것으로 판단됨에 따라, R&D 투자 수준에 적합한 연구 생산성 향상 방안 필요

- '22년 기준 우리나라 연구개발비는 112조 6,460억 원으로 세계 6위에 해당하나 GDP 대비 비중은 세계 2위(5.21%)를 기록

- 그러나 기술혁신 및 제도 개선을 통한 생산성 증가율은 과거보다 급속히 떨어지고 있는 현상 발생이 발생하여 이를 해결하기 위한 방안 필요성 증가

  ➟ 한국생산성본부의 2023 총요소생산성 국제비교 보고서에 따르면, 주요국에 비해 우리나라의 총요소생산성 성장이 낮은 편이며 주요국에 비해 많은 자본투자가 이루어지고 있으나 산출로 이어지는 효과는 미미하다 판단

- 미국 등 선진국들이 당면한 혁신의 역설(Innovation Paradox)*에서 벗어나기 위해서는 기술혁신의 속도를 높이고, R&D 성과를 산업경제 성장으로 연계시켜 나갈 수 있도록 하는 전략적 지원 필요

* R&D 투자 등 혁신활동은 늘려가지만, 과학의 발전과 경제의 성장은 저성장에 벗어나지 못함

2 사업목표의 적절성

가) 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

(1) 사업목표와 해결할 문제와의 연관관계 여부 파악

❑ 거시적 환경 측면과 산업/기술 측면에서 동 사업의 목표와 해결할 문제간의 연관성을 조사·분석 수행

❍ (거시적 환경 측면) 국가 및 사회경제적으로 다양하고 복잡해지는 난제를 해결하기 위한 변혁적 연구개발 추진

- 글로벌 미래이슈 예측 및 대응을 위한 미래 추진전략의 체계적 수립을 위하여, 세계 주요국들은 범국가 차원의 노력을 강화하는 상황이나, 글로벌 선도를 위한 우리나라의 국가연구개발사업은 선도 경쟁을 위한 성과 창출에 미흡한 것으로 파악

- 글로벌 기술 패권 경쟁 심화와 기술 주권 확보 등을 위한 정부 차원의 전략적 대응을 통해 대외의존도 감소 및 국가 경쟁력 제고 필요

- First Mover로 전환하여 세계 시장을 선도하기 위해선 국가 현안 문제 해결 중심의 임무지향적 변혁적 기술개발 및 도전적 연구개발 환경 확산을 목표로 설정

❍ (산업/기술적 측면) 세계를 선도하고 기존 패러다임을 변화시키기 위해선, 차세대 성장 동력으로서의 변혁적 기술 확보 추진

- 고위험·고수익의 변혁적 기술개발을 통해서 미래 성장동력 확보 및 이를 통한 국가 경쟁력 지속을 비전으로 설정

- 파급력 높은 성과 창출과 혁신 기술을 확보하기 위한 도전·혁신형 연구개발은 국가 경쟁력 및 미래 성장동력을 선점하기 위해 필수

❑ 논리모형 도출을 통한 동 사업 전체와 이슈/문제과의 연관성을 검토

<표 7-9> 동 사업 논리모형

1. 이슈 / 문제

- 국가미래경쟁력 확보를 위한 변혁적 기술 확보 필요
- 도전적 연구체계를 마련하여 전략적 지원 필요
  - 대규모 비용과 낮은 성공확률의 특성으로 인해 도전적 목표, 포트폴리오 과제관리, 전담 지원기관 설립 등 별도의 연구지원 체계를 마련하여 집중 지원 필요
    ※ 기술선도국도 DARPA, ARPA-E, SPRIN-D, ARIA 등 다양한 프로그램을 도입하여 전략적 지원 추진 중
- 국내에서는 이러한 변혁적 기술 확보를 위한 도전적 연구체계 구축이 미비한 상황
  - 기존의 정부 R&D는 단기적인 성공에만 집중하여 First-Mover의 혁신적인 연구지원은 미흡
  - 연구자들도 기존 R&D틀을 벗어나지 못하고 행태적으로 고착화되어 더 이상 기존 시스템으로는 변혁적 R&D 성과 창출에 한계란 지적
- 도전적 연구문화 형성과 검증된 혁신적 연구개발 성과 창출 시스템인 美DARPA 시스템 모형을 벤치마킹한 사업도입 필요

2. 목표

- (비전) 혁신적 R&D 체제 도입을 통한 과학기술 4대 강국 도약
- (목표) 세상을 변화시킬 수 있는 변혁적 원천기술 확보

3. 수혜자

- (직접) 대학/연구소/기업의 연구자
- (간접) 정부, 국민, 기업

4. 투입

- 총사업비 : 6,749억 원

5. 활동

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

6. 목표 산출

- 변혁적 성과창출을 통한 글로벌 문제해결과 국가 과학기술 위상 제고

7. 성과/영향

▶ 성과
- 변화하는 글로벌 환경에 대응한 변혁적 기술 확보
- 원천기술 플랫폼 구축을 통한 연구역량의 축적 · 활용 촉진

▶ 영향
- 기술 선도국으로서의 위상 유지 및 과학기술 선도국가 도약
- 기술패권경쟁에 대응한 기술주권 확립

8. 가정

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

나) 사업 목표 설정의 적절성

(1) 사업목표는 달성하고자 하는 효과의 구체적 제시

❑ 동 사업은 자율과 책임 기반에 도전적인 연구 문화 정착을 통한 변혁적 기술 확보라는 목표 달성을 위하여 책임PM 주도로 HRHR 연구를 수행

❍ 도전적 연구문화 정착을 위하여 책임PM은 사업 全 주기(기획-관리-평가-활용)에서 주도적 역할을 수행함에 따라, 책임PM의 권한과 책임에 대한 체계 구축 필요

- (역할) 연구자와 함께 상세 연구목표를 설정·조율하고 상황 변화에 따른 연구 방향 전환(pivoting) 등을 책임PM 주도하에 실시
- (권한) 과제의 기획·선정·관리·평가를 수행하는 주체로 과기부(연구재단)와의 직접적인 의사소통으로 사업의 문제해결 및 진행 관련 사항 공유를 통한 빠른 의사결정 권한을 지님
- (책임) 책임PM이 연구자와의 파트너십을 얼마나 잘 관리하고, 협력을 촉진하는지 등을 중점적으로 평가하고, 혁신적인 아이디어를 발굴 및 촉진하기 위한 노력과 성과, 동시에 위험을 관리하는 능력을 평가하여 사업 전반에대한 책무성 강화

❍ 도전적 연구문화 정착에 중요 요소인 책임PM 활동을 지원하기 위하여 센터 내외부에 전담 지원 조직 운영 추진

- (센터 내부) 계약, 예산 집행 등의 행정적 지원을 수행할 수 있는 운영지원팀과 창출 성과의 Scale-up 및 타 사업 연계를 지원해 줄 T2I팀 운영

  ➟ (운영지원팀) 연구수행팀과의 계약, 예산집행을 위한 행정적 절차 등 사업의 원활한 수행을 위한 행정적 지원 수행

  ➟ (Tech to Impact) 창출 성과의 상업화를 위한 Scale-up 프로그램 운영, 타 부처·타 사업과의 연계 지원 등 성과확산을 위한 지원 수행

- (센터 외부) 책임PM이 운영하는 연구주제 당 전문적인 지원 조직인 SETA와의 연계협력으로 기술적, 행정적 지원

  ➟ (SETA) 책임PM이 연구 全 주기 관리를 수행 시에 필요한 기술 시장 분석 및 현황 조사, 기술 사항 등의 제공과 연구팀의 과제 수행에 있어 필요한 예산, 일정, 계약 사항 관리 등 다방면에서 책임PM 역할 수행을 지원

❍ 또한, 도전적 연구개발 환경 조성과 HRHR 연구개발의 파괴적 혁신 성과 활용 확산을 위하여 후속 지원체계 구축 추진

- (Scale-Up R&D) 기술사업화 전문조직인 T2I를 운영하여 창출 성과의 사업화를 위한 Scale-up R&D 조성과 타 사업으로의 연계 지원을 추진
- (실패 용인) 파괴적 혁신기술 창출을 위해선 성공 성과와 더불어 실패 과정에서의

산출물 관리 또한 중요함에 따라 실패를 용인하는 문화 조성과 함께 실패하더라도 재도전 하는 시스템과 연구 과정의 산출물 자산화를 수행

➟ (재도전) 실패 사례, 연구과정에서 새롭게 발견된 난제와 애로사항 등 연구 과정의 기록을 포함하도록 하고 과정상의 산출물(throughput)을 축적, 실패시 재도전할 수 있도록 시스템을 설계

➟ (실패 포럼 개최) 미국의 'Fail Conference (FailCon)'를 벤치마킹한 '(가칭) K-Fail Conference' 연례 개최 추진

❑ 책임PM은 자문단의 의견수렴과 국내외 기관 등에서 선정한 미래유망기술 및 메가트렌드 조사·분석 등을 통하여 후보군을 도출하고 책임PM이 직접 연구분야 및 연구주제 선정

❍ 미래 과학기술 패러다임을 바꿀 수 있는 경제·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술개발을 위하여 책임PM은 분야별 임무를 설정하고 최대 9개의 주제를 선정

<표 7-10> 한계도전 R&D 프로젝트 연구 분야별 주제 도출 예시

연구 분야	분야별 도전 필요 Big picture	연구 주제
미래를 여는 물질	• 건강하게 공영하는 인류	• 데이터 폭증 시대를 대비하는 광변호 혁신 기술 • 우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할 수 있는 센서 소재
지속 가능한 지구	• 안전하고 쾌적한 환경 구현	• 에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술 • 탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술
디지털 웰·빙 케어	• 지속가능한 에너지 미래소재	• 디지털 뇌 신경 브릿지 • Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술
혁신 첨단융합	• 미개척·미인지 영역 도전	• Transformer를 뛰어넘는 foundation model 구조 개발 • Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발
스마트 안전		• 미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발 • 물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동 반응 소재 시스템 개발

❑ 책임PM 주도의 도전적 연구개발 체계 구축과 변혁적 성과 창출을 위한 지원 체계 마련으로 동 사업의 목표 달성을 위한 체계적인 단계 수립

❍ 동 사업은 기술비지정형 사업으로 사업의 정량적 목표설정에 어려움이 존재함에 따라, 사업 실행의 효율성을 극대화하기 위하여 도전적 연구수행의 체계적인 기획 및 지원 단계를 수립

다) 사업 성과지표의 적절성

(1) 사업목표의 효과성을 측정하기 위한 성과지표의 적절한 제시 여부

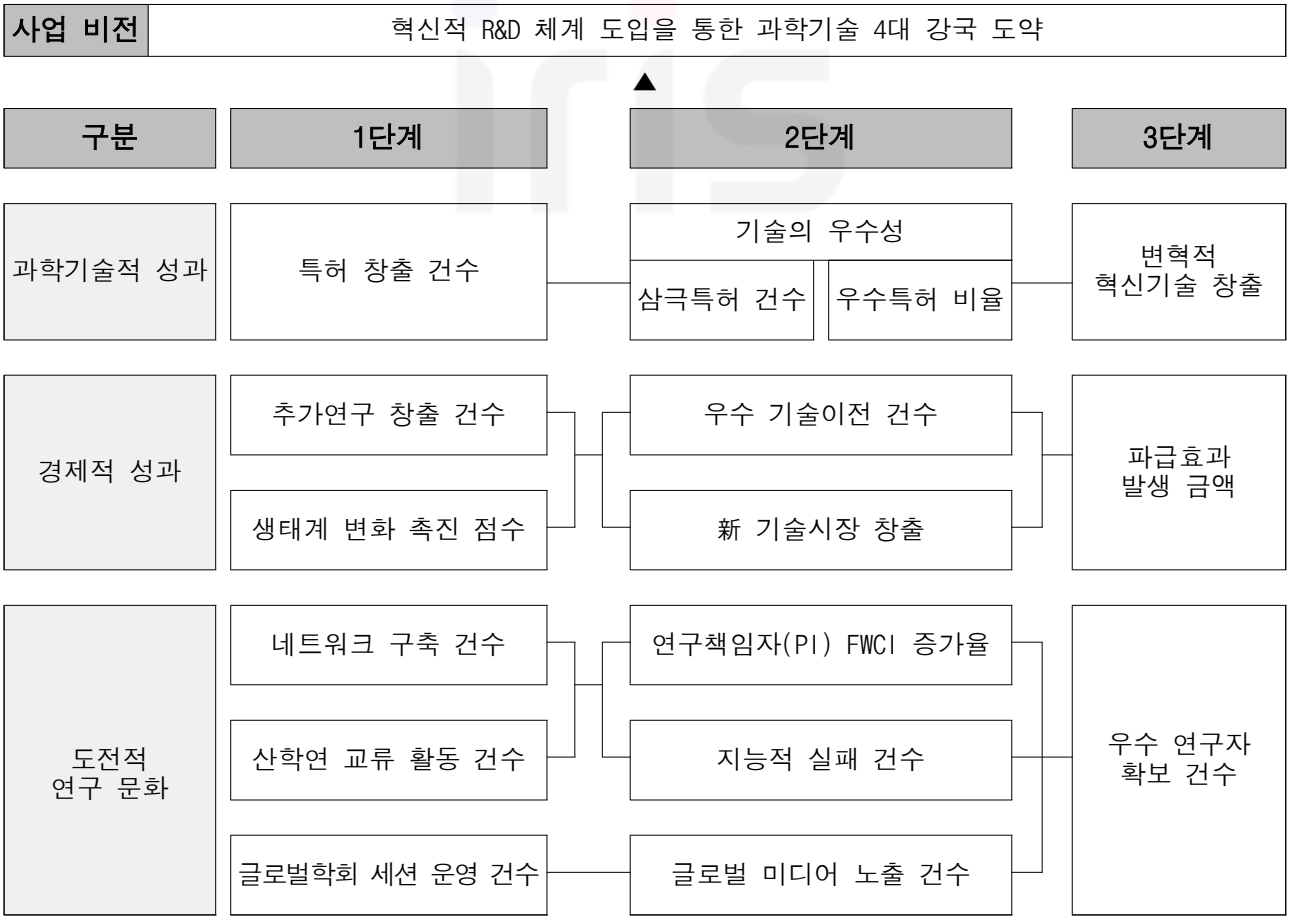
❑ **동 사업은 도전정신 기반의 변혁적 성과 창출이 가능한 R&D 시스템의 정착을 위하여 실패를 용인하며 연구 과정을 자산화하기 위한 관리 체계 마련 수행**

❍ 연구수행 과정에서 실체적 변화를 유도한 효과가 있었는지에 대한 분석과 기록을 수행하고 이를 사업 목표 달성을 위한 지표로 활용

- 동 사업은 연구수행단계, 과제 종료 후 성과 활용 단계, 경제사회적 파급효과 단계로 사업의 성과 확산을 구분하여, 성과 창출 과정을 전체를 성과지표로 활용할 예정

❍ 동 사업은 도전정신 기반의 변혁적 성과 창출이 가능한 R&D 시스템의 정착을 위하여 실패를 용인하며 연구 과정을 자산화하기 위한 목표 달성을 위해 체계적인 성과관리 체계 구축 추진

<표 7-11> 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정



라) 수혜자 표적화의 적절성

(1) 사업성과에 대한 수혜자의 표적화의 적절성

❑ **동 사업의 수혜자 그룹을 도출하고, 직·간접적 수혜 특성을 비교하여 수혜자를 표적화함**

❍ 동 사업은 실패를 용인하고 연구자 중심의 자율적 연구개발을 위한 도전·혁신형 연구개발 환경 조성 및 확대와 국가·사회적 임무를 해결하기 위한 변혁적 기술개발을 목표로 함에 따라, 지식생산자(연구기관, 대학 등)와 시장수요자(민간)를 직접적 수혜자 그룹으로 표적화함

- 책임PM 주도하에 창출 성과를 산업계·연구계로 확산·활용하기 위한 Scale-up R&D를 수행할 것이며, 이를 중심으로 창출 성과 고도화 과정에서 외부 기업의 기술이전 및 사업화 가능성을 탐색하며 수요자 니즈를 반영 예정

  ➟ 본 연구 기간 중 혹은 종료 이후 한계도전전략센터의 T2I(Tech to Impact) 및 외부 전문 지원조직인 SETA를 통해 성과를 확산하고 사업화 실현 가능성이 높은 기술에 대한 프로그램 지원 등을 수행 예정

3 세부 활동 및 추진전략의 적절성

가) 세부 활동과 사업목표와의 연관성

(1) 세부 활동과 사업목표의 논리적 연계

❑ **동 사업은 자율과 책임 기반 도전적 연구문화 정착을 통한 변혁적 기술 확보라는 목표 달성을 위하여 기존의 패러다임을 바꿀 체계 구축과 성과 창출·확산을 위한 활동 추진**

❍ 동 사업에서 수행되는 R&D는 변혁적 기술개발을 위한 임무중심형 HRHR R&D와 변혁적 성과 창출의 성공 가능성 제고를 위한 개념검증 위주의 Seedling, 창출 성과의 활용성 증가를 위한 Scale-up R&D로 구성

- (본 R&D) 변혁적 기술개발을 위하여 책임PM 주도하에 기획·추진되는 R&D로 과제 추진 기한 및 예산 집행이 과제별로 상이하며, 책임PM과 센터, 연구팀과의 의사소통을 통하여 결정

- (Seedling) 변혁적 기술개발의 가능성 제고를 위하여 책임PM 및 연구자들의 아이디어 실현 가능성 확인을 위한 개념검증 R&D

- (Scale-up) 창출 성과의 산업계·연구계 확산 및 사업화 추진 등을 위한 기술 축적 및 실증을 위한 R&D

❍ 동 사업의 목표는 분야별 패러다임을 선도할 변혁적 기술개발과 끊임없이 변화와 혁신에 도전하는 연구 문화 조성에 있음에 따라 변혁적 기술개발과 실패를 통해 축적되는 성과 활용을 위한 연구개발 과제의 연계성이 높다 판단

(2) 문제/이슈 및 사업목표 달성을 위한 기술비지정 과제 공모 방식의 적절성

❑ 사업 지원방식(기술비지정) 추진 근거

❍ 동 사업은 급변하는 미래 사회 대응을 위한 기술개발지원 사업인 만큼, 기획시점과 사업착수시기의 Gap이 있는 예비타당성조사 기획의 특성을 고려할 때, 기술비지정 방식의 사업 추진이 적절

- 미래사회의 불확실성을 고려할 때, 사업착수시기에 수요가 예상되는 과제를 미리 제시하는 것보다는 기술비지정방식으로 추진하는 것이 동 사업 추진취지에 더 적합함

  ➟ 자유공모의 특성상 기획단계에서 후보과제 도출, 우선순위 선정, 과제별 세부활동, 과제별 성과지표, R&D활동별 필요자원(비용, 기간, 조직, 인프라) 소요계획 수립이 어려우므로, 해당 절차를 동 사업 기획 시에는 제외하였음

  ➟ 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

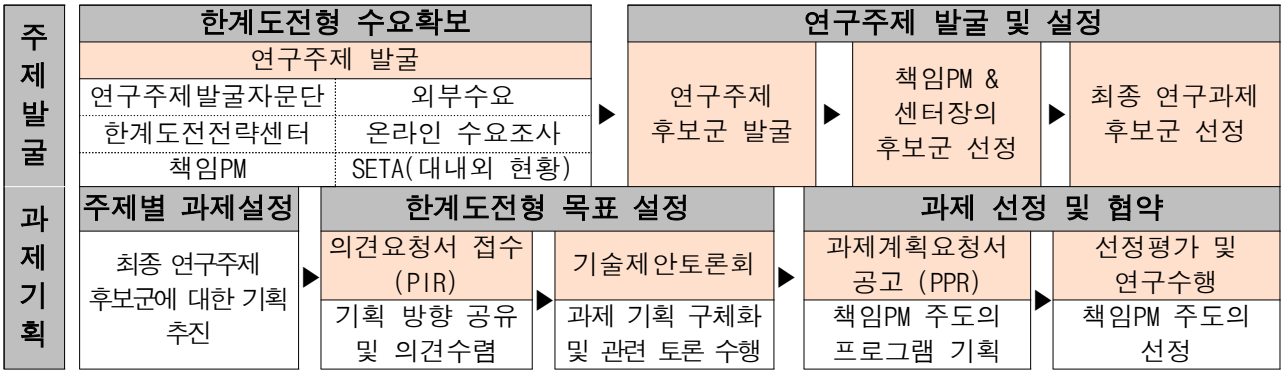
- 그 외 기술비지정 방식으로 추진하는 것이 기술지정방식으로 추진하는 것보다 더 적절한지를 추가 분석하여 기술비지정 방식으로 추진하는 것으로 최종 결정

<표 7-12> 기술비지정방식 추진 근거

추진 근거
• 원천기술중 분야 한정 시 다양한 분야로 확산 가능한 변혁적 기술 확보 및 플랫폼 구축시도 불가 • 본 사업은 변혁적 기술 확보를 위해서 고위험·고수익(HRHR)의 성공가능성이 매우 낮은 목표를 공모하는 사업 • 해외에도 고위험·고수익(HRHR) 과제는 (기존사업의 틀에서 지원이 어려워) 별도 사업으로 지원하고 있으며, 분야 비특정으로 지원 중 * Challenge Prize(英) : 항생제 내성 해결, 플라스틱 오염 해결, 하반신 마비환자 이동 증진 등 * Moon-Shot Project(日) : 중증 환자 동면 기술, 태풍 진로 조작 기술, 가상현실로 고인과 대화 기술 등 ☞ 변혁적 기술 개발을 통한 미래 성장동력 확보 및 국가경쟁력 제고를 위한 역할로 한계도전 프로젝트를 지원

❑ 동 사업은 기술비지정 과제 공모를 통하여 연구과제를 선정함에 따라 도전·혁신적 과제 기획이 매우 중요하다 판단되어 기획을 위한 프로세스를 체계적으로 구축하여 과제 공모를 수행

<표 7-13> 책임PM 주도의 연구기획 프로세스



① **(문제도출 및 정의)** 책임PM(+SETA), 한계도전전략센터, 연구주제발굴자문단은 대내외 현황 분석을 통한 글로벌 문제 해결 이슈 수집, 온라인 수요조사를 통한 상시 문제해결 이슈 수집 등을 통해서 해결이 필요한 문제 도출을 수행

② **(연구주제 후보군 도출 및 최종 후보군 선정)** 책임PM은 연구주제발굴자문단과 한계도전전략센터, 책임PM(+SETA)를 통해 발굴된 이슈를 종합적으로 분석하여 문제를 정의하고, 도전적인 문제에 대한 연구주제 선정을 수행

③ **(의견요청서 접수)** 책임PM은 연구주제의 기획 추진 방향을 연구자들에게 공유하고, 새로운 기술정보와 관련 분야 전문가들의 의견을 청취하기 위하여 의견요청서(PIR) 접수를 수행

④ **(기술제안토론회)** 연구주제별 기획 내용 구체화를 위하여 책임PM의 주도하에 주요 의견요청자 응답자와 관련 분야 전문가들과 연구 목표와 문제해결 기대치를 연구현장에 전달하는 등의 토론을 수행

⑤ **(과제계획요청서 확정 및 공고)** 기술제안토론회 이후 연구의 목표/연구 내용 및 범위/성과 목표 등을 명시한 과제계획요청서 구체화 수행

❍ 이처럼 일관된 책임PM의 주도하에 연구 기획 및 과제 공모가 수행됨에 따라 사업 진행 프로세스는 적절하다 판단

나) 세부활동 도출의 적절성

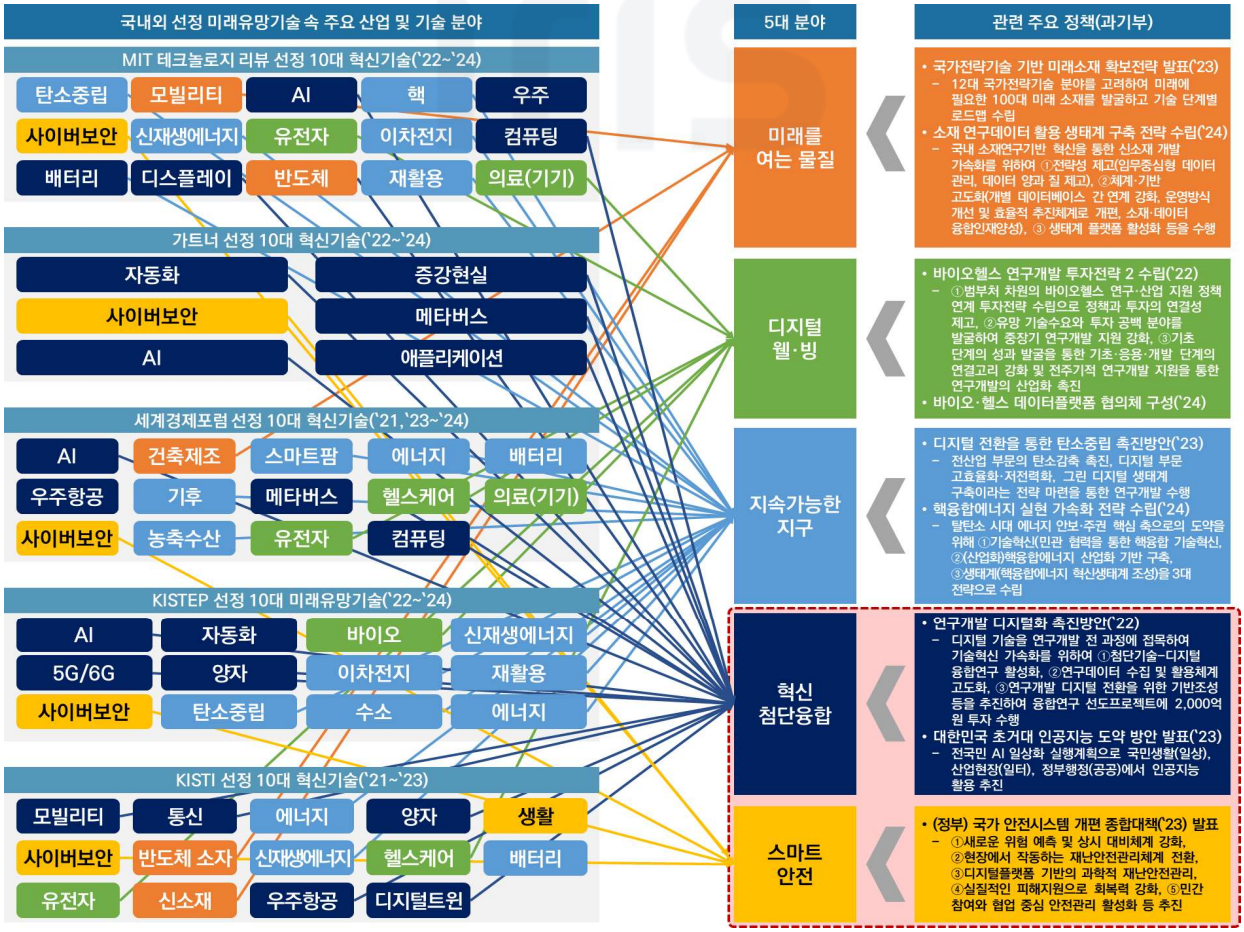
(1) 적절한 수준의 세부활동 도출 및 제시 여부

❑ 산·학·연 전문가를 대상으로 하는 사업수요조사를 실시하여 사업 방향성 도출에 필요한 기초자료를 수집하였으며 한국연구재단의 자문을 걸쳐 동 사업의 세부 활동 사항을 확정

❍ (사업 기획 및 연구개발 활동 도출의 적절성) 산업계, 학계, 연구계를 대상으로 사업수요조사를 수행하여 동 사업의 목표를 달성하기 위해 필요한 연구체계의 방향성 및 도전·혁신형 사업 관련 의견 수렴 수행

❍ (활동 도출) 현 정부는 도전적 연구개발을 장려하고 있으나, 대규모의 실패 가능성이 높으나 성공 시 파급력이 높은 변혁적 기술을 창출하기 위한 HRHR 사업 추진은 미흡한 것으로 판단

❍ 이에, 동 사업에서 제시한 연구분야는 메가트렌드 및 미래유망기술 조사를 통하여 선정된 것이며, 연구주제 또한 미래유망기술 조사, 수요조사, 산학연 의견수렴 등을 통하여 도전적 연구수행을 통한 변현적 기술개발이 필요할 것으로 예측되는 주제로 책임PM이 선정



<그림 7-1> 메가트렌드 분석을 통한 연구분야 도출

(2) 사업목표 달성을 위해 필요한 세부활동 수요조사의 적절한 수행 여부

❑ 동 사업은 사업 추진의 방향성과 추진 전략 도출을 위한 사업수요조사를 수행

❍ 국가연구개발사업의 애로사항을 파악하고 변혁적 연구개발을 위한 R&D 설계를 목표 사업수요조사를 수행

- 사업수요조사를 통하여 변혁적이고 도전적인 과제 기획으로 기존 R&D의 문제점을 타파하고, 연구의 자유성을 보장할 수 있는 체계 마련이 필요하다는 시사점을 도출

<표 7-14> 사업수요조사 응답자 현황

구분	국책연구사업 책임자(1차)	기초중견연구 수행자(2차)	응답 합계
학계	100	118	218
연구계	52	9	61
산업계	10	1	11
계	162	128	290

* 구분 : 산업계(기업 및 기업부설연구소 등), 학계(대학교, 학회 등), 연구계(출연연 등)

❍ 동 사업의 과제기획은 책임PM 주도 하에 수행됨에 따라, 책임PM와 자문단, 센터장 등의 협의를 통한 연구분야와 연구 주제 도출을 수행하고 연구 주제와 관련된 전문가들의 의견수렴을 위하여 기술제안토론회를 개최

- 책임PM과 자문단의 협의를 통하여 5개의 연구분야 당 9개의 연구주제를 도출

<표 7-15> 연구주체 후보군 도출 예시

연구분야	연구테마	연구주제	주요 내용
미래를 여는 물질	AI 시대를 대비하는 소재	데이터 폭증 시대를 대비하는 광변조 혁신 기술	• (한계) 광변조 소자 크기 축소에 따른 칩의 **발연** 문제와 데이터 **입출력 병목 현상**으로 변조성능에 한계 존재 • (도전목표) 기존의 선도기술(100~200Gbps 수준)을 뛰어넘는 **비선형 광변조 특성**을 지닌 **Tbps급 고성능 광변조 소자** 개발을 통한 글로벌 기술선도
	우주시대를 대비하는 소재	우주 방사선 노출에도 안정적으로 작동할 수 있는 센서 소재	• (한계) 우주환경에서의 **실리콘 기반 반도체 소재**는 센서 성능 저하, 수명 단축, 이미지 노이즈 증가 등의 **오작동과 신뢰성 부족이 존재** • (도전목표) 기존 카메라의 한계선량인 5kGy를 우회기술 없이 **소재단독으로 2배 이상 증가**시킬수 있는 **신소재 개발**
	-	궁극의 에너지 저장 및 활용성을 지닌 유전체 축전 소자	• (한계) 기존 리튬이온 배터리의 발화, 급속 충방전, 출력 등의 한계를 극복하기 위한 에너지 저앚 소자 개발을 추진하고 있으나, **기술적 한계** 존제 • (도전목표) 기존의 장점을 유지하고 **에너지 밀도 향상과 대용량화**할 수 있는 신소재 개발
	-	냉매가 필요없는 고효율 고체상태 냉각기술	• (한계) 온실가스(HFC)를 냉매로 이용한 압축식 냉각기술은 국제기후협약에 따라 **환경적 이슈** 존재하나 친환경 고체 냉각기술은 **효율성 부족** • (도전목표) 실용적 냉각 출력 달성을 위한 신소재인 고체금속 및 냉각 시스템 개발

연구분야	연구테마	연구주제	주요 내용
지속 가능한 지구	대기 환경 문제와 식량 생산 위기에 대응하는 기술	에너지 전환과 식량 생산이 동시에 가능한 기술	• (한계) 화석연료 사용에 따른 이산화탄소, 질소산화물 배출은 **탄소중립을 위해 해결해야할 문제**로 이를 위해 고정화 기술개발이 추진 중이나, 보다 효율적인 **두 원자간의 결합 에너지를 활용**할 수 있는 기술개발 필요 • (도전목표) 탄소중립과 식량난을 동시에 해결할 수 있는 이산화탄소와 질소산화물의 결합 에너지 활용을 위한 **새로운 엔진과 기술개발**
	친환경 화학 원료 가치 사슬의 시작	탄수화물을 바다 위에서 친환경적으로 제조할 수 있는 기술	• (한계) 기존 에너지 패러다임 변화를 위한 바이오매스 자원은 지역에 따른 **생산성 한계**와 경작 과정에서의 **환경 오염 문제 존재** • (도전목표) 편중된 생산성과 오염 문제를 해결하기 위해 **바다에서** 화학원료로 사용가능한 **탄수화물을 생산할 수 있는 기술개발**
	-	고온 열 저장 · 이송 시스템 설계를 위한 한계 기술	• (한계) 현재 산업계에서의 탈탄소화는 고온 열에너지 활용 문제로 어려운 실정 • (도전목표) **저온 폐열원을 활용**하여 200℃이상의 열에너지를 발생 · 저장 · 활용 할 수 있는 **고온 열 에너지 저장 · 이송 시스템 개발**로 종전 에너지 변환 효율 한계 극복
	-	전자 기기 사용 주기 종점에서의 미량 다중 금속 리사이클링 기술	• (한계) 산업에서 활용되는 희토류 등의 금속 자원은 수입에 의존하고 있어 **글로벌 공급망 전환** 등에 큰 영향을 받으며, 기존 회수 기술은 **환경 오염 유발 가능성이 큰 문제**가 존재 • (도전목표) 소량 복잡한 금속계의 재활용 및 오염 유발 극복을 위한 리사이클 기술 개발
디지털 웰 · 빙 케어	디지털 웰·빙 케어: The Body	디지털 뇌신경 브릿지	• (한계) 장애 발생 확률이 높고 완치율이 낮은 뇌졸중은 **뇌세포 복원 위주의 개발**이 추진 중에 있으나 10년 이상의 기한 소요 예상 • (도전목표) 이미 **손상된 뇌세포 복구 · 복원이 아닌** BCI 기술을 통해 뇌 신호를 우회 · 전달하여 **뇌의 가소성을 이용**하여 빠른 시일 내로 복구 가능한 뇌세포를 치료 · 회복하는 기술개발
	디지털 웰·빙 케어: The Body	Leave-On Layer 관상동맥 풍선 중재술	• (한계) 현재의 관상동맥 중재술(풍선 확장술, 약물 방출 스텐트) 등은 **효과와 부작용, 치료제 복용 등의 문제가 존재** • (도전목표) **스텐드를 사용하지 않고** 기존의 스텐드 기술과 **동일한 효과를 내는 layer 기술개발**
	-	생체리듬 제어를 통한 정밀 질환 치료법	• (한계) 생체리듬이 유전자와 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌으나 기초연구와 항암제 투여 시기 조절에만 활용되고 있는 실정 • (도전목표) 생체리듬 제어를 주요 질환 치료법의 일부로 활용하여 질환 치료의 **새로운 패러다임** 제시
	-	데이터 파동 변화 예측를 통한 팬데믹 조기감지시스템	• (한계) 대다수의 국가들이 코로나와 같은 아웃브레이크 전략을 사후관리에서 조기감지 및 대응체계 준비로 전환 • (도전목표) 기존의 POC 센서 기반이 아닌 **개인적, 사회적 파동의 변화 감지**에 초점을 맞춘 기술개발

연구분야	연구테마	연구주제	주요 내용
혁신 첨단융합	-	Transformer를 뛰어넘는 foundation model 구조 개발	• (한계) 최근 Mamba등 State Space Model이 제시되어 각광받고 있는바, **Transformer를 대체**할 수 있는 다른 모델 구조를 고안 필요 • (도전목표) Transformer 구조의 한계를 극복한 새로운 **foundation model 제시**
	-	Adam을 뛰어넘는 인공지능 학습 최적화 알고리즘 개발	• (한계) Adam은 확률론적 1차 미분치 정보와 학습 궤적 정보를 활용한 알고리즘으로, 고정된 하이퍼파라미터 사용에 따른 **상황 대처 능력의 한계**를 지님 • (도전목표) 다양한 AI 모델 학습에 대해 이론적으로 증명 가능하며 실험적으로도 가장 빠른 학습 속도를 제공할 수 있는 AI **학습 최적화** 알고리즘 개발
	-	Neural ODE 기반 domain specific foundation mode	• (한계) Neural ODE은 반도체 공정 등 다양한 분야에 활용될 수 있어 파급효과가 높음에도 불구하고 높은 계산 비용 및 학습의 어려움, 안정성 이슈, 실시간 성능 문제 등으로 인하여 활용 미흡 • (도전목표) ODE solver, 표현 능력 및 해석 가능성을 보완하기 위한 연구개발이 진행 중에 있으며, 원천기술 확보 여지 존재
	-	양자컴퓨터를 이용한 자연언어처리(NLP) 및 LLM 구현 방향 연구	• (한계) 보편화된 AI사회 구현을 위해서는 기존 GPU 보다 훨씬 빠르고 에너지 효율적인 '언어 처리 장치(Language Processing Units, LPU)' 추론 엔진 개발이 요구됨 • (도전목표) 학습과 추론이 동시에 효율적으로 가능한 LPU 개발
스마트 안전	테러 및 재난 신속대응 기술	미지 화학작용제 탐지를 위한 자동화 독성판별 시스템 개발	• (한계) 새로운 화학작용제의 지속 출현으로 예측 **독성 예측이 어려운** 상황이며, 지속 시스템은 **완전 자율형 독성판별 기술이 부재** • (도전목표) 미지의 화확작용제를 신속·정확하게 탐지·식별하기 위한 **인공지능 기반 자율형 독성판별분석 시스템 개발**
	재해 신속대응	물에 잠긴 상태에서 큰 힘을 낼 수 있는 자동 반응 소재 시스템개발	• (한계) 기존 지상 및 해양 재난 현장에서의 대형 기계장치 활용은 **무게, 부피, 휴대성, 수중 구동 등의 이유로 문제점이 존재**하여 저전압·자율 수중 구동장치 개발이 추진 중이나 **실용적 가치는 제한**적 • (도전목표) 물에 반응하여 저전력 기반 강한 힘을 발휘할 수 있는 **소재와 액추에이터, 시스템** 개발
	-	데이터센터 보안을 위한 고도화된 사이버 공격 대응 시스템 구축	• (한계) 데이터센터 보안에 대한 연구가 진행 중이나 상용화된 보안 솔루션 도입과 통합 시스템 구축은 미흡한 상태 • (도전목표) 데이터센터의 물리적 보안과 사이버 보안의 통합 관리가 가능한 고도화된 보안 시스템 구축
	-	재난 현장에서 인명을 탐색하는 마이크로봇	• (한계) 대형 재난 현장에서의 인명 구조 체계 필요성 증대 • (도전목표) 나노소재 기술을 기반 광대역 원격 조절이 가능한 재난 현장 투입용 마이크로봇 개발

(3) 과제 규모, 과제 기간, 과제 수요의 산출 근거 및 논리 제시

❑ (과제 규모) 동 사업은 국내외 도전·혁신형 R&D 사업 규모를 감안하여 연도별 지원 과제 수 및 사업비를 도출

❍ 동 사업은 ①세상에 없는, ②세상을 변화시키는, ③기존의 한계를 넘어서는 원천적 기술개발을 위하여 과제당 3년의 기간과 연간 10억 원 내외의 예산 지원을 수행 예정

- 한국연구재단의 유사 원천기술개발사업의 평균 지원 기간은 49개월로 나타났으며, 지원 금액은 41.97억 원, 연평균 10.84억 원으로 나타남
- 동 사업에서 5개 분야에서 9개 주제를 발굴하여 각 주제당 4개의 과제를 3년간 수행함을 가정하여 각 과제별 연간 10억 내외의 연구비를 상대적으로 짧은 기간인 3년 안에 집중 지원하여 변혁적 성과창출 추진 수행

❍ (Seedling) 아이디어 개념 검증을 위한 Seedling 과제는 5개 분야(테마) 당 연간 2억 규모로 지원하며 이는 동 사업과 유사한 사업인 알키민스트 프롯게트의 개념연구(1단계)와 유사한 규모

- 사업의 성공률 제고를 위하여 도전적 아이디어의 실현 가능성을 검증하는 R&D를 수행하며, 분야별 연간 2억 원(총 10억 원)을 책임PM 주도하에 자율적으로 추진

➟ Seedling 과제를 수행하여야 본 R&D가 진행되는 것이 아니며, 사업의 성공률 제고를 위하여 실시되는 추가적인 단기·소형 R&D 과정임에 따라 Seedling 이후 본 연구로 이어지지 않는 과제들이 중복성의 문제에 걸리지 않도록 타 사업으로의 연계 지원 수행 추진

➟ 또한, 사업 기간 마지막년도인 10년차에는 수행하지 않음

❍ (Scale-up) 사업 성과의 활용 확산을 위하여 기술 실현화 단계의 Scale-up R&D를 수행하며, 책임PM의 재량하에 지원을 결정하며, 연간 총 100~150억 원 규모에서 연구개발의 규모를 설정 예정

- 사업의 성과가 창출 것으로 예상되는 사업 4년 차부터 Scale-up R&D를 진행하며, 분야별 20~30억 원을 활용하여 성과의 확산, 실용화 등을 위한 R&D 추진

❑ (소요 인력) 동 사업은 기술비지정형 사업으로 정확한 소요 인력 산출에 어려움이 존재하여 R&D 지원 규모에 따른 소요 인력 산출을 통해 사업 투입 인력을 계산

❍ '22년 연구개발비의 43.6%가 인건비로 지출되었음에 따라, 이와 유사하게 동 사업 전체 예산 중 40%를 인건비로 산정하고 '24년 학술연구용역인건비 단가를 기준으로 소요 인력을 산출*

* 이때의 소요 인력은 R&D를 수행하는 연구인력만을 계산한 것임

- '22년 학위별 연구원 비율이 박사 20.7%, 석사 27.2%, 학사 47.0%인 것을 준용하여, 동 사업의 참여 인력을 책임연구원 20%, 연구원 30%, 연구보조원 50%로 산정

<표 7-16> 소요 인력 산출(누적)

(단위: 명)

구분	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	소계
책임연구원	45	65	85	75	75	75	80	80	60	30	670
연구원	85	125	165	145	145	145	155	155	115	60	1,295
연구보조원	205	305	405	350	350	350	375	375	275	145	3,135
합계	335	495	655	570	570	570	610	610	450	235	5,100

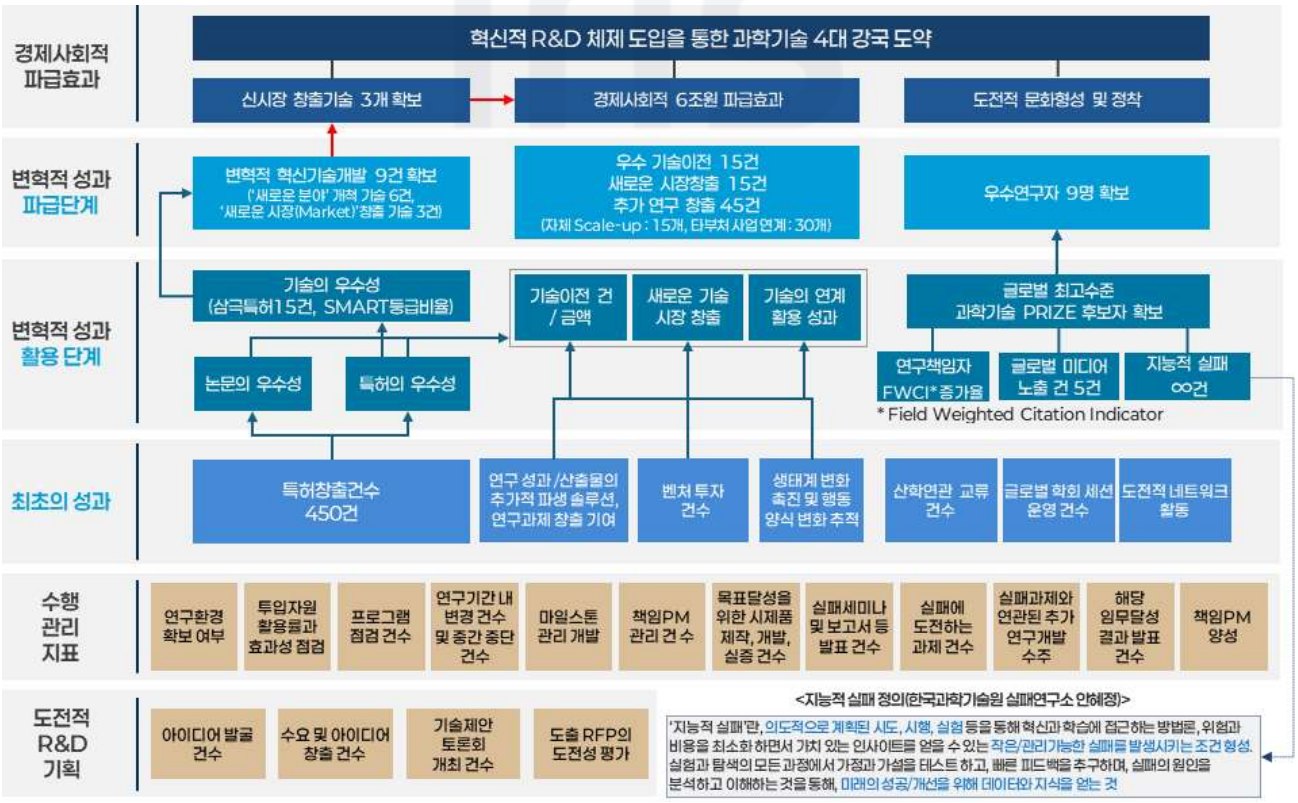
다) 세부활동별 성과지표의 적절성

(1) 세부활동의 효과성을 측정하기 위한 성과지표 제시 여부

❑ 동 사업은 책임PM 주도하에 실패를 용인하고 행정적 간섭을 최소화한 자율적 연구 수행을 지향함에 따라, 결과가 아닌 연구 과정에 대한 성과 지표를 도출

❍ 해결하고자 하는 임무와 문제해결 방안에 따라 과학기술적 성과지표를 도전적 목표치로 설정하고, 성과지표는 기존의 한계 극복을 위한 질적 평가지표 관점에서 도출하도록 추진

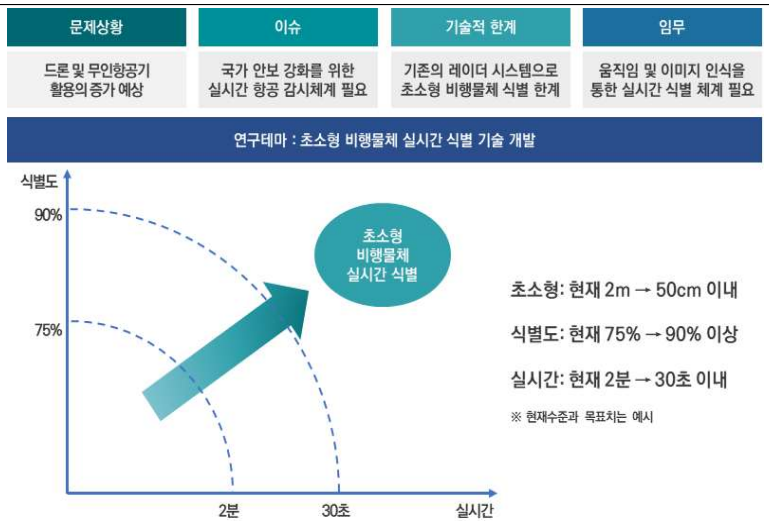
❍ 양적 성과가 아닌 질적이고 연구 과정에 대한 평가 수행으로 도전을 위한 선도형 R&D 문화 정착 촉진



<그림 7-2> 동 사업 목표 달성을 위한 성과지표 설정

- 데이터 기반의 평가지표 개발을 통해 동 사업의 성과지표 차별화 도출

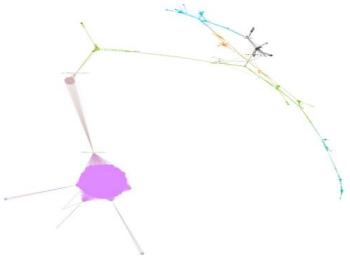
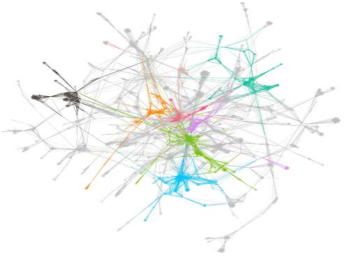
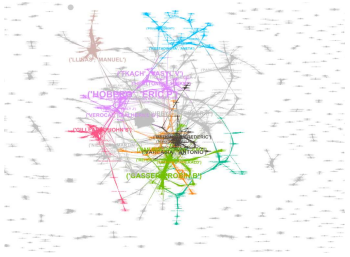
<표 7-17> 도전적·혁신적 R&D 성과 지표 예시



구분	주요 내용
기술적 돌파구 (Breakthrough)	• 특정 기술 분야에서 이전에 해결되지 않았던 문제를 해결한 경우나, 전혀 새로운 기술 원리나 방식을 개발한 경우인지를 평가
경제적/ 상업적 가치	• 개발된 기술이나 솔루션이 시장에서 어떠한 수익 모델이나 비즈니스 기회를 창출할 수 있는지를 평가
사회적 영향 (Impact)	• 해당 연구의 결과가 사회 전반에 어떤 변화나 영향을 줄 수 있는지, 예를 들어 환경, 교육, 의료 등 다양한 분야에서의 변화를 촉진하는지를 평가
지식확산과 전달 (학문적 기여도)	• 연구의 결과가 어떻게 학계나 산업계에 전달되었는지, 학술 논문, 특허, 세미나, 워크숍 등 다양한 방식을 통해 지식이 확산되었는지를 평가(또한 해당 연구가 후속 연구나 다른 연구자들에게 영감을 준 경우, 이를 중요한 성과로 간주)
글로벌 학문 커뮤니티나 산업계에서의 인정	• 연구가 국내외 학계나 산업계에서 어떻게 인정받고 있는지를 검토(예시: 고든 컨퍼런스급 학회 초청 키노트 스피커 발제, 수상 등) • 연구참여 H-inex 및 네트워크 분석을 통한 사업초기 분석결과와 연구종료단계 및 추적조사분석을 통해 평가 필요

➟ 데이터 기반의 평가지표 개발을 통해 동 사업의 성과지표 차별화 도출평가 패널의 암묵지(Tacit Knowledge)에만 기댄 평가보다는 데이터를 바탕으로 한 근거 기반의 평가 방식 도입

<표 7-18> 관리 지표 도출의 예시(네트워크 분석)

	연구초기 연구자 네트워크분석결과	연구결과단계 연구자 네트워크분석결과	경제사회적파급단계 연구자 네트워크분석결과
연구 집단 평가 방안 (샘플)			

라) 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

(1) 세부활동의 기간 추정과 시간적 선후관계 논리성

❑ 세부활동 기간 추정 및 시간적 선후관계 적절성

❍ R&D 개발 목표에 따라 요구되는 지원기간을 고려하여 단계별 연계 및 시너지 효과창출을 위해서 시기를 구성함

- 단기간의 Seedling 연구를 통하여 기술의 실현가능성 검증 및 상세기획연구를 수행하여 연구개발의 리스크를 최소화하고 기술개발 성공 가능성을 높임
- 본연구를 통해선 기초원천전략기술개발 및 기초과학 혁신에 적용가능한 기초원천연구개발을 위주로 수행하며, 책임PM의 포트폴리오 관리를 통해 대내외 환경변화에 따른 연구방향성 수정이 가능하며, 도전혁신형 연구개발을 통한 글로벌 기초과학·산업·시장에 변혁적 성과를 창출할 가능성이 높은 연구프로그램에 집중 투자를 수행
- Scale-up 연구는 연구 과정에도 도출된 성과의 사업화 및 후속 연계를 위한 R&D 사업으로 창출 성과의 확산을 촉진

마) 추진전략의 적절성

(1) 연구개발 특성을 고려한 추진전략의 제시

❑ 동 사업은 핵심 이슈 도출을 바탕으로 사업의 방향성과 추진 전략을 도출

<표 7-19> 추진전략 도출

문제/이슈	SWOT Matrix	방향성
• 새로운 기술혁신 변화에 대응하여 게임체인저로서 역할하는 변혁적 기술 확보의 중요성이 부각	• (SO2) 미래사회에 요구되는 임무지향적 R&D 투자 추진 • (ST1) 기 확보한 R&D Stock을 활용하여 안보 관점에서 반드시 필요한 혁신기술 확보	도전적이고 명확한 임무형 주제 설정 ▼ 변혁적 성과 창출에 도전하는 혁신적 기획체계 구축
• 기술선도국의 변혁적 기술확보정책이 다양한 국가로 확산되어 주요국은 HRHR 연구를 위한 다수의 프로젝트 추진	• (ST2) 불확실성에 대비한 장기·유연 R&D 투자 • (SO1) 기 확보한 R&D Stock을 활용, 확산하는 R&D 추진	책임PM 주도의 장기·유연한 연구관리 시스템 도입 ▼ 자율과 책임에 기반한 HRHR 관리체계
• 대부분의 국내 R&D는 명확한 방법의 Incremental Technology 확보 체계로, 변혁적 기술 확보가 어려움	• (WO2) 해외 변혁적·지향적 R&D 프로그램 성공사례 벤치마킹 • (WT1) 불확실성에 대응하기 위한 축적형 연구관리방안 도입	전담지원 조직을 통한 집중적인 사업관리 ▼ 변혁적 성과 창출을 위한 유연한 연구구조
• 변혁적 기술 확보를 위한 대형 연구개발사업으로서 한계도전 R&D프로젝트의 확대 추진 필요	• (WT2) 고위험 연구의 성과가 산업으로 파급하기 위한 지원시스템 벤치마킹 • (WO1) 고위험 연구 추진을 위한 실패를 용인하는 R&D관리체계 도입	성과 활용을 위한 체계적인 지원 ▼ Scale-up

방향성	추진 전략
변혁적 성과창출에 도전하는 기획체계 구축	• 도전적이고 명확한 임무중심형 연구주제 설정
	• 책임PM 주도의 자문단 운용 및 외부 지원 조직을 통한 글로벌 난제 도전 주제 발굴
자율과 책임에 기반한 HR-HR 관리체계 구축	• 책임PM 주도의 장기·유연한 연구관리 시스템 도입
	• 독립체계 구축을 통한 의사결정체계의 신속성과 전문성 확보
변혁적 성과 창출을 위한 유연한 연구구조	• 책임PM의 자율, 책임, 권한으로 도전적 연구 수행
	• 명확한 임무, 목표 설정으로 변혁적 성과 지향
Scale-up	• 성과 활용을 위한 T2I(Tech to Impact) 내 전문 기술사업화조직 운용
	• Scale-up R&D 지원을 통한 조기 성과창출 체계 구축

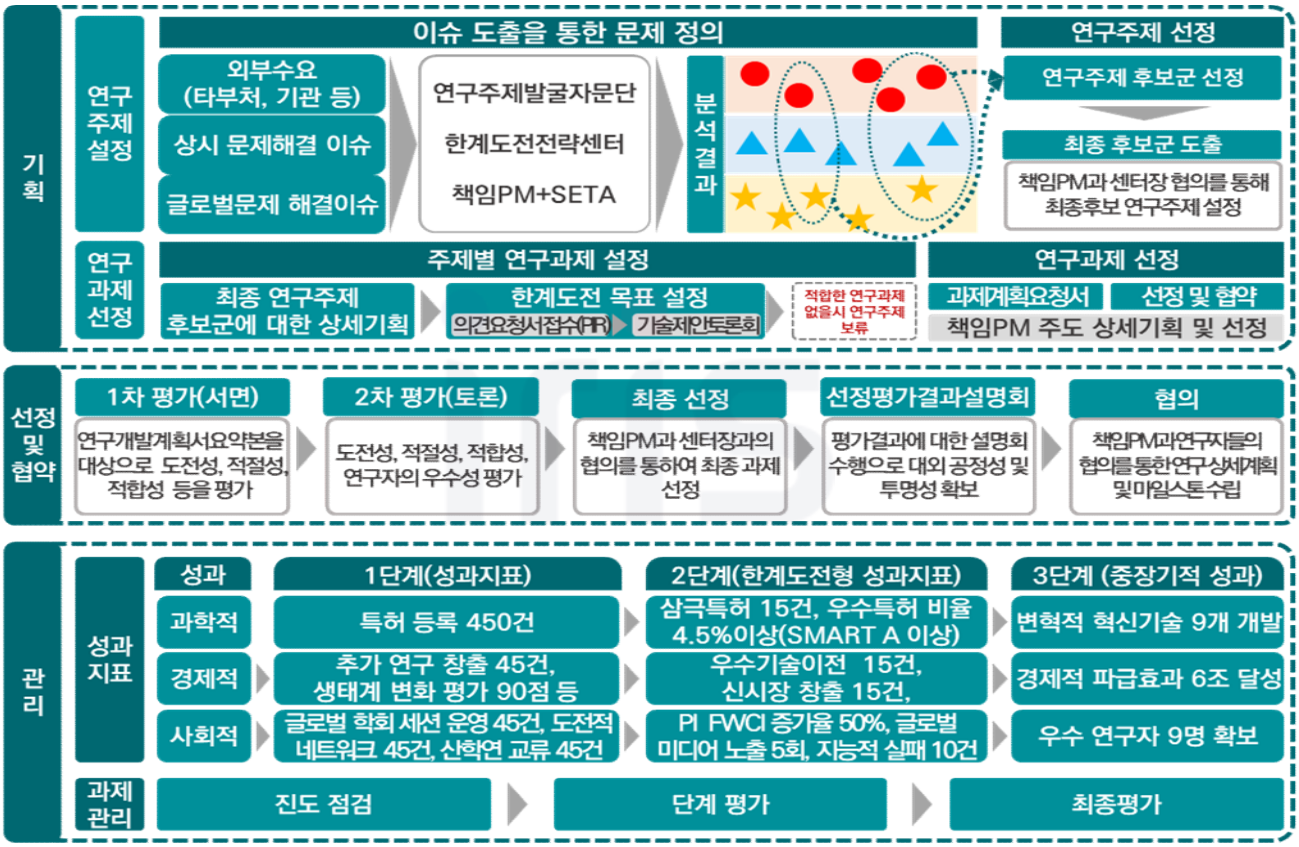
(2) 과제선정 기준 및 절차, 성과관리 방안 등을 포함한 연구개발 추진 방안

❑ 동 사업은 책임PM이 중심이 되어 연구자를 선정하고, 책임PM과 연구자의 협의를 통하여 해방 프로젝트의 중요 마일스톤 및 추진 방안을 협의

❍ 체계적인 연구주제 및 과제 발굴 프로세스를 통하여 연구개발을 수행 예정이며, 유형별 과제 분류와 기획으로 목적 및 방향에 따른 성과지표 설정 추진

- 과제 기획은 체계적인 프로세스를 걸쳐서 수행되며 도출된 연구분야 및 주제의 명확성 등에 따라 과제를 유형별로 구분

<표 7-20> 과제 선정 및 기준 절차



(3) 주요 의사결정 체계 및 추진주체 간 역할분담 등 추진체계의 적절성

❑ 동 사업 추진체계는 정확한 소통과 빠르고 신속한 의사결정을 위하여 「한계도전전략센터장-책임PM-연구책임자」로 구성

❍ 의사결정 체계는 수평적이고 유연하게 구성되었으며, 내외부 전문지원조직을 통하여 신속하게 이슈사항에 대처할 수 있도록 구조화

<표 7-21> 동 사업 추진 체계 및 역할

동 사업 추진체계



구분		세부 내용
과학기술정보통신부		• 동 사업 기획 · 운영, 대내외 협력 등 필요한 주요 사항 지원
한국연구재단		• 책임PM 공모 및 선발, 사업 운영 지원
한계도전전략센터		• 독립적인 부설기관으로 신설 • 사업의 시행계획 수립 및 공고, 연구단/지원단 선정 · 관리, 평가, 성과확산 등 사업의 전반적인 운영과 관리 담당
책임PM		• 책임PM 전주기 연구주제 발굴, 연구과제 기획 · 연구팀 운영, 과제 운영 및 성과관리(Tech to Impact연계지원) 등
연구지원조직	운영지원	• 한계도전 프로젝트 진행을 위한 행정적 지원 수행
	SETA (외부지원)	• 센터 외부에서 책임PM을 지원하는 전문 지원조직 : 기술적 지원, 연구 프로그램 관리 지원, 문서지원 등 책임PM 역할 수행 전반에 걸친 지원 수행 : (SETA) 책임PM 연구분야별 외부 전문지원기관 설정을 통한 지원
Tech to Impact		• 기술사업화 지원을 중점으로 하는 지원조직으로 국제협력 진행지원 및 종료 이후에도 기술사업화 및 후속연구 연계 지원
연구주제발굴자문단		• 책임PM분야별 연구주제발굴자문단을 구성하여 국가미션형 연구분야 발굴에 활용 및 과제계획서 작성 및 책임PM 임무설정 지원

2절 정책적 타당성 분석

❑ 정책적 타당성 분석은 최종결과 도출에 과학기술적 타당성이나 경제적 타당성과는 다른 관점의 분석이 필요하다는 의미에서 설정

❍ 국가정책 관점의 조사 결과뿐 아니라 계량화의 한계로 인해 경제적 타당성에 포함되지 못한 조사 내용들도 포함하여 정치적 합리성 문제를 해결하기 위해 도입한 항목

- 정책적 타당성 분석 시, 지식과 기술의 확보를 목표로 하는 국가연구개발사업의 특수성과 더불어 정책적 타당성의 조사 항목이 계량화하기 어려운 정성적 분석 위주로 설정되어 있음을 감안하되 어디까지나 객관적 사실에 근거한 분석을 수행함으로써 예비타당성조사 전체의 신뢰도 향상에 기여할 수 있어야 함

<표 7-22> 정책적 타당성 분석의 평가항목 구성

2계층 항목	3계층 항목	의미
정책의 일관성 및 추진 체제	상위계획과의 부합성	• 정부차원의 정책적 합의
	사업 추진체제 및 추진의지	• 사업의 임무·역할의 차별성 및 연계·협력방안의 적절성과 사회적 합의
사업 추진상의 위험요인	재원조달 가능성	• 정부·지자체·민간의 재정 여력
	법·제도적 위험요인	• 법·제도적 합의

❑ 동 사업 추진의 정책적 배경

❍ 現 정부는 미래지향성 의지를 강조하고 과학기술 선도를 위하여 ‘자율과 창의로 만드는 담대한 미래’를 국정목표로 제시

- 과학기술의 역할을 강화하고 역량을 강화하기 위하여 국가혁신을 위한 과학기술 시스템 재설계(국정과제 74), 초격차 전략기술 육성으로 과학기술 G5 도약(과제 75), 자율과 창의 중심의 기초연구 지원 및 인재양성(국정과제 76) 등을 제시

➠ 과학기술을 통한 국가경쟁력 향상과 기술 패권 선도를 위한 정책적 지원을 약속

❍ ‘임무중심 연구개발(R&D) 혁신체계’를 도입을 통한 초격차 기술 확보를 목표로 정부와 민간 역량의 결집 강화를 추진하였으며, ‘혁신도전형 국가R&D 추진방향’ 등의 발표를 통하여 선도형 R&D 체계로의 전환을 촉진

- ‘최고·최고에 도전하는 투자’를 정부R&D 투자의 핵심 키워드로 설정하여 국가 R&D 전반에 도전성을 강화

1 상위계획과의 부합성

❑ 「한계도전 R&D 프로젝트」 사업은 국가경쟁력 확보를 위한 파급력 높은 기초·원천기술 개발을 목적으로 하며, 상위 계획과의 부합성이 높은 것으로 판단

❍ 과학기술 분야 최상위계획인 「제5차 과학기술기본계획('23~'27)」은 과학기술혁신이 선도하는 담대한 미래를 비전으로 수립하였으며, 동 사업과 부합성이 매우 높은 것으로 판단됨

- ①질적 성장을 위한 과학기술 체계 고도화, ②혁신주체의 역량 제고 및 개방형 생태계 조성, ③과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응을 위한 전략적 추진 과제 수행

<표 7-23> 제5차 과학기술기본계획 추진과제 중 관련 내용

구분	관련 주요 내용
[전략1] 질적성장을 위한 과학기술 체계 고도화	임무중심 문제해결을 위한 R&D 전략성 강화
	• 임무중심 R&D 체계 혁신 - 국가 차원의 임무 발굴·정의 및 추진체계 구축 - 사업관리의 책임성·유연성 강화 : 강력한 재량권을 가지고 사업을 추진·관리하는 **PM제도 활용** - 임무중심 R&D에 특화된 평가 체계 구축 • 고위험 도전·모험형 연구 활성화 - 고위험 R&D를 위한 **새로운 기획 시스템** 도입 및 투자 확대 - 사업책임자 전권 부여 및 **유연한 연구관리** 허용
	자율과 창의를 높이는 연구환경 개선
	• 디지털 기술을 활용하고 사람 중심의 환경 조성을 통하여 연구자의 자율성과 창의성을 높이고 연구성과 확산
	R&D 성과 창출·확산 및 활용·보호 기반 강화
	• 기업 눈높이에 맞는 R&D 성과 창출·확산 체계 확립 - 축전된 연구성과가 산업계로 이어지도록 성과 활용 지원체계 마련 • 전략적 투자를 위한 예산 및 평가 제도 개선 - 정부 R&D 투자의 전략성 제고 : 정부 R&D 투자를 **총지출의 5% 수준**으로 유지
[전략2] 혁신주체의 역량 제고 및 개방형 생태계 조성	• 민간 주도 혁신을 통한 성장동력 확보 • 대학·공공연구기관의 혁신거점 역할 강화 • 신기술·신산업 중심의 창업 및 성장 지원
[전략3] 과학기술 기반 국가적 현안 해결 및 미래 대응	• 과학기술을 기반으로 국가가 당면한 현안을 해결하고 미래 이슈에 선제적 대응 수행을 위한 과제 추진

❍ 「2025년도 국가연구개발 투자방향 및 기준」에서 실패 위험 부담이 있으나 성공 시 국가적 기술혁신을 이끌 수 있는 선도 도전적 R&D에 대한 지원을 발표하며, 혁신을 위한 도전을 수행하는 동 사업과 높은 부합성을 확인

- '25년 정부R&D 투자 핵심키워드는 '최초·최고에 도전하는 투자'로 국가 R&D

전반에 도전성을 강화하는 것에 집중하였으며, 이를 위하여 ①실패가능성이 높으나 성공시 파급력이 높은 혁신·도전형 R&D를 발굴하고, ②민간이 하기 어려운 모험자본으로 정부R&D 투자의 책무성 강화를 추진

❍ 세계를 선도하는 과학기술 글로벌 허브 도약을 위한 '윤석열 정부 R&D 혁신 방안' 등 과학기술 선도를 위한 도전·혁신형 R&D 관련 대책들과도 동 사업은 높은 부합성을 보이는 것으로 판단

<표 7-24> 동 사업의 상위계획과의 부합성

구분	상위계획의 주요내용	한계도전 R&D 프로젝트	
		유관 내용	부합도
제5차 과학기술 기본계획 (`23~`27)	• 과학기술혁신이 선도하는 담대한 미래를 비전으로 ①국가 연구개발 전략성 강화, ②민간 중심 과학 기술 혁신생태계 조성, ③과학기술 기반 국가적 현안 해결을 주요 방향으로 추진 -정책목표의 도전성, 이행실적의 질적 우수성을 나타내는 핵심 성과지표를 제시	• 대체 불가능한 원천기술 확보를 위한 고위험·도전 연구 활성화 등 과학기술 혁신을 지향하고 이를 통하여 국가·사회 현안 해결 수행한다는 측면에서 동 사업의 방향성과 일부 부합 -(동사업) 실패가능성이 높으나 파급력 높은 도전적 R&D로 혁신을 선도하고 국가·사회적 문제해결을 임무로 설정	매우 높음
2025년도 국가연구개발 투자방향 및 기준 (`24.3.)	• 국가적 혁신을 이끌수 있는 선도·도전적 R&D에 대한 투자 지원과 혁신도전형 R&D 발굴 수행 • 혁신을 주도하는 글로벌 R&D 중추 국가로의 도약 지원 및 국가 인재양성을 위한 R&D 투자 집중 등 기술주권 확보를 위한 R&D 지원	• 실패의 가능성이 있으나 성공 시 국가적 기술혁신을 이끌 수 있는 도전형 연구개발 지원을 통해 기술주권 확보를 추진한다는 점에서 동 사업의 방향성에 부합 -(동사업) 도전적 연구를 통한 혁신기술 개발 및 자율적 연구 문화 조성을 주요 목표로 설정	매우 높음
혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안 (`24.3.)	• 혁신적·도전적 R&D의 체계적인 육성시스템을 구축하고, 우리나라 연구개발 생태계를 선도형 R&D 체계로 전환하기 위하여 혁신도전형 R&D 사업군 제도 시행 -(혁신임무형) 국가적 임무 해결을 위한 파괴적 혁신기술 개발 또는 국가 경쟁력 강화를 위한 세계 최고 수준 기술 확보 또는 신시장 선점을 목표 • 전문기관 내 혁신도전형 R&D 전담조직을 지정 운영하고 R&D 투자 지속성 확보 수행	• 한계도전 R&D프로젝트는 혁신도전형 R&D 사업군으로 분류되어 있으며,동 사업에서 기존 패러다임을 혁신적으로 전환하는 연구로서 파급효과가 크나 실패의 위험이 높은 HRHR의 임무중심형 R&D 사업을 수행함에 따라 해당 체계화 방안과 부합도가 매우 높음 -(동사업) 전문기관 내 동 사업을 위한 독립성과 자율성이 보장된 전담조직인 한계도전전략센터를 지정 운영하고 있으며, 추후 독립기관으로 신설 추진	매우 높음
윤석열 정부 R&D 혁신 방안 (`23.11.)	• 정부연구개발의 질적 수준이 정체되어 있는 이유를 기초·원천 연구 및 차세대 기술개발에 집중하지 못하였고, 도전적 R&D 시스템 혁신의 부족으로 판단 • 실패를 용인하고 연구과정의 경험을 축적·공유할 수 있는 혁신적 연구개발에 과감히 도전할 수 있는 제도 도입 및 도전·혁신적 R&D 사업에 맞지 않는 규제 혁파 추진	• 도전·혁신적 R&D에 맞지 않는 규제를 혁파하고 실패를 용인하는 혁신·도전적 연구제도 도입에 있어 유연한 연구환경을 조성하기 위한 동 사업 방향성과 부합 -(동사업) 실패를 용인하고 마일스톤 변경이 가능한 연구자의 자율성을 보장하는 혁신·도전적 R&D를 추진	높음

2 사업 추진체제 및 추진의지

❑ 국가연구개발사업의 R&D 예산의 효율적 사용 및 성과창출 극대화를 위해 각 부처에서 진행하는 유사 사업과의 중복성을 확인하고자 함

❍ 현재 정부가 추진 중인 도전·혁신형 기초·원천기술개발 지원사업 현황을 분석하고, 해당 사업 간 연관성을 점검한 후 유사·중복성 및 차별화 방안을 도출 수행

- 사업목적, 규모 및 지원 분야, 지원 대상, 지원 내용 등을 중점적으로 분석

<표 7-25> 중복성 검토 대상사업

사업명	내용
(과기정통부) 혁신도전 프로젝트	• 국가 차원의 고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제 해결 및 미래 혁신선도산업 창출
(과기정통부) STEAM 연구사업 : 과학난제도전 융합연구개발사업	• 기존 연구에서 풀지 못했거나 시도하지 못했던 과학난제를 돌파하거나 세계 최초로 시도하는 연구를 지원하여 도전·혁신적 과학기술 성과 창출
(과기정통부) STEAM 연구사업 : 미래융합기술 파이오니어	• 신기술·산업 패러다임 창출 또는 변화를 유도할 수 있는 임무 중심 핵심원천기술 개발을 위한 융합연구 지원 -이종 기술간의 융합을 통해 고위험-고수익(High-risk, High-return)형 융합원천기술개발
(산업부) 산업기술 알키미스트 프로젝트	• 미래 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제적·사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천기술개발을 통해 새로운 시장 및 산업영역 창출
(보건복지부) 한국형 ARPA-H 프로젝트	• 국가·사회가 당면한 보건·의료분야의 난제를 해결하기 위해 고비용·고난도이나 파급효과가 큰 임무중심형 연구개발을 추진

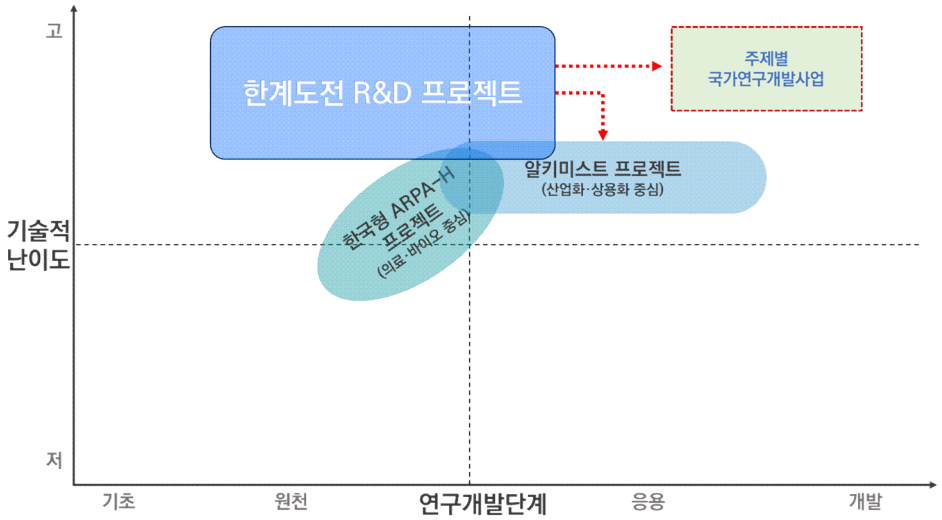
❑ 타 사업과 동 사업의 중복성 검토 결과

❍ 동 사업은 지속적인 혁신 기술개발을 위한 R&D 체계의 근본적인 변화 촉구와 국가·사회적 현안 및 난제를 해결하는 도전적이고 파급력 높은 기술 확보를 통한 과학기술 선도를 목적으로 하여, 기술의 확보와 확산 측면에서 차별성을 가짐

- 국가·사회 현안 및 난제 해결을 임무 해결을 도전적 연구개발로 추진하는 동 사업은 대내외 환경 변화에 유연하고 신속한 대응이 가능하고, 연구의 성공·실패가 아닌 연구 과정에서의 성과 축적을 통한 과학기술 역량 강화라는 점에서 타 사업 대비 차별적 우위를 가짐

❍ 타부처, 타 혁신도전형 사업*과 중복가능성이 있는 산업화, 상용화의 비중을 줄이고 과기정통부의 원천분야에 집중하여 중복성 해소

* 알키미스트(산업부, 상용화·산업화 중심), ARPA-H(복지부, 의료·바이오 중심) 등



<그림 7-3> 동 사업의 포지셔닝

(1) 주관부처 타 사업과의 차별성 분석 ① : 혁신도전 프로젝트

❑ 「한계도전 R&D 프로젝트」와 혁신도전 프로젝트의 차이점은 연구테마의 선정 과정

❍ 동 사업은 책임PM이 주도적으로 임무 설정과 연구 주제 발굴을 수행하나, 혁신도전 프로젝트는 연구테마 공모와 확정은 추진위에서 수행되며 후보테마 선정은 심의위원회, 검증은 외부평가를 거치는 등 선정 주체가 변경

<표 7-26> 동 사업과 혁신도전 프로젝트 사업과의 차별성 분석

구분	한계도전 R&D 프로젝트	(과기정통부) 혁신도전 프로젝트
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 국가 차원의 초고난도의 연구개발을 통해 국가적 문제해결 및 미래 혁신선도 산업 창출
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 - 실패 가능성이 높으나 성공시 경제 · 사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 국가 차원의 선제적 해결이 필요한 연구 주제
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 - 과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 4년(`20년~`23년) / 연간 50억 원 내외 - 선기획(0.5년)이후 본연구 3년 지원
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• 추진단장은 사업목적에 부합하는 사업 기획 • 사업단장은 연구테마의 과제 구성 및 관리
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 - 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• 부처칸막이를 넘나들며 문제해결에 집중 • 민간전문관리자의 사업관리 • 유연한 연구관리제도 도입
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• (문제점) 관리체계가 이원화되어 성과 관리에 어려움 존재

❍ 동 사업과 유사한 점도 존재하나, 혁신도전 프로젝트는 기존 R&D 관리체계에서 사업이 이루어져 대내외 환경변화에 빠르게 대응할 수 있는 유연성이 떨어졌을 것으로 예상됨

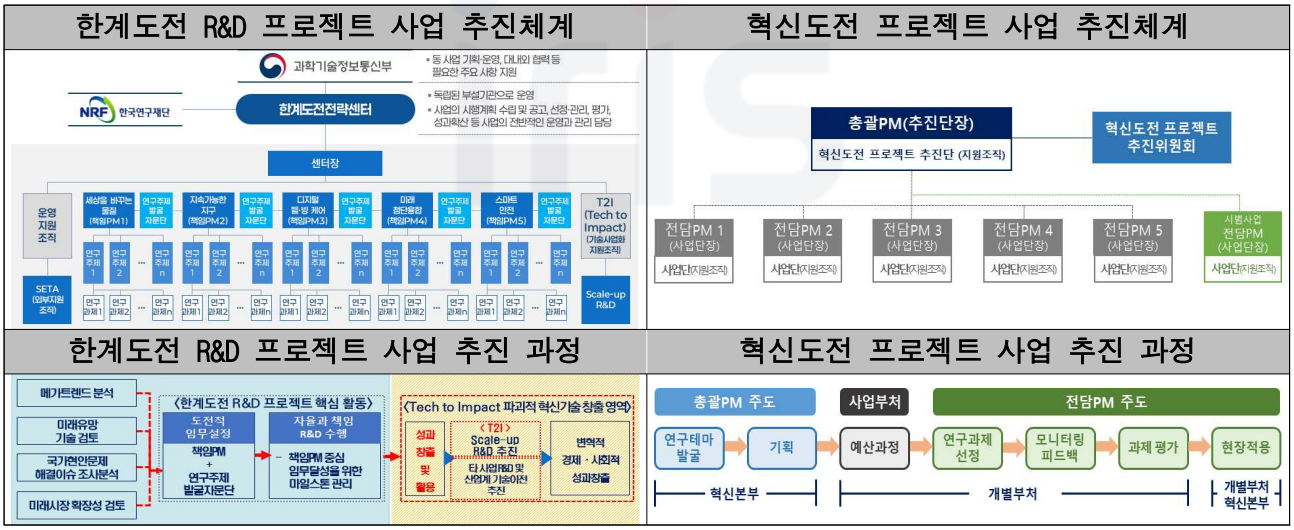
- 혁신도전 프로젝트는 추진단장(총괄PM) 주도로 연구테마 발굴 및 신규 R&D 사업 기획을 수행하며, 경쟁형 R&D, 연구비의 탄력적 집행, 자유로운 목표 재조성 및 조기종료 등의 R&D 제도 개선을 추진하는 등 동 사업과 유사점이 다수 존재

- 혁신도전 프로젝트는 추진단에서 기획을 수행하고 사업단장 주도의 R&D 사업을 실시하는 등 동 사업에 비해 조직체계가 복잡한 것으로 판단되며 과제의 공고-기획-관리가 각 부처에서 진행되어 일원화된 성과 창출·관리가 어려울 것으로 예상

  * 전체 사업의 현황을 파악하기 위해선 부처간 소통이 필수적으로 요구되어 사업의 원활한 관리가 어려울 것으로 예측

➟ 동 사업은 책임PM 주도로 사업의 기획-관리-평가 全 주기 관리가 수행되며 행정적 간섭을 최소화하기 위하여 의사결정 라인이 과기정통부, 한국연구재단(센터장)-책임PM 순으로 간결하게 구성

<표 7-27> 동 사업과 혁신도전프로젝트과의 비교



(2) 주관부처 타 사업과의 차별성 분석 ② : 과학난제도전 융합연구개발사업

❑ 「한계도전 R&D 프로젝트」와 과학난제도전 융합연구개발사업의 차이점은 지원 분야 및 운영 방식에서 존재

❍ 동 사업은 책임PM 주도의 과제 기획, 선정 및 관리를 수행하여 변혁적 연구개발을 수행하나 과학난제도전 융합연구개발사업은 사업단 방식으로 과제를 기획, 관리하여 기존 R&D 관리체계를 따름

- 지원 분야 또한 기초과학-공학 간의 융합으로 정해져 있어 난제 도출에 한계점 존재

<표 7-28> 동 사업과 혁신도전 프로젝트 사업과의 차별성 분석

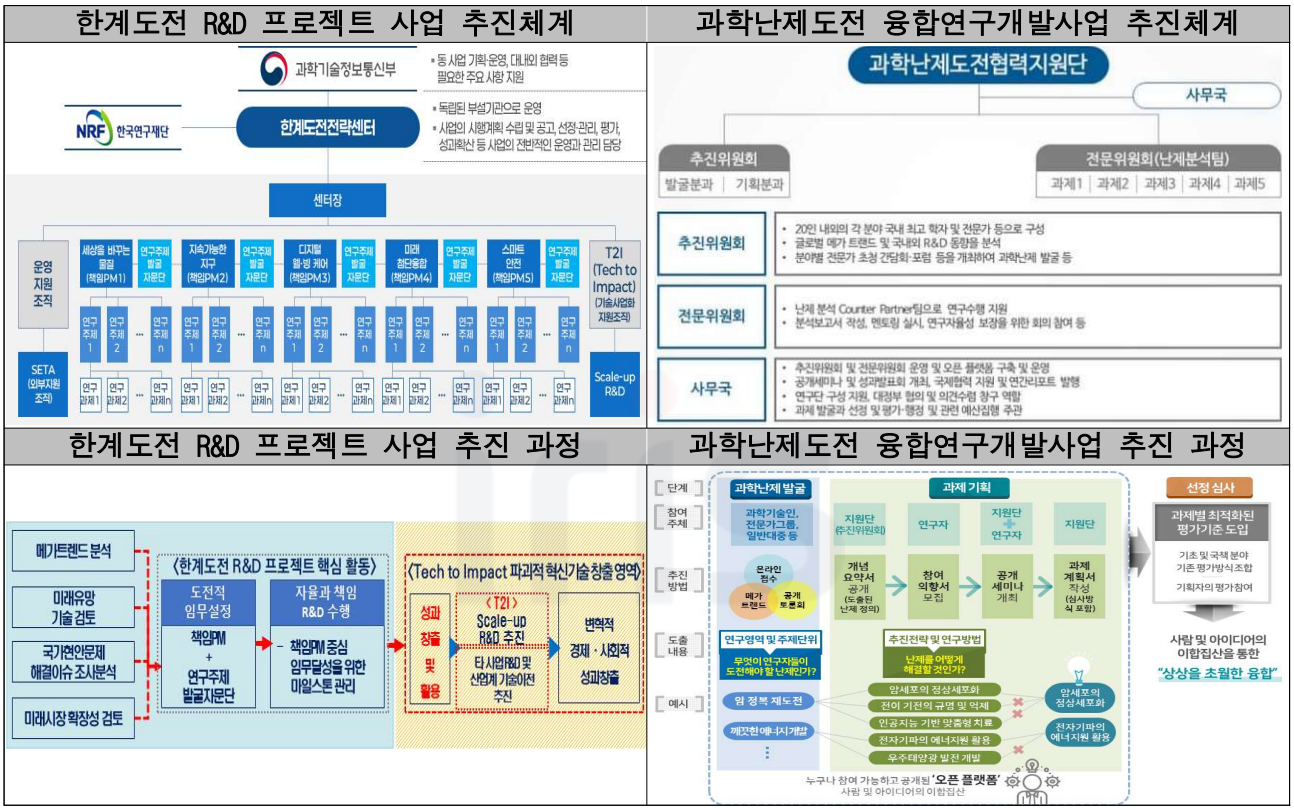
구분	한계도전 R&D 프로젝트	(과기정통부) 과학난제도전 융합연구개발사업
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 기존 연구에서 풀지 못했거나 시도하지 못했던 과학난제를 돌파하거나 세계 최초로 시도하는 연구를 지원하여 도전·혁신적 과학기술 성과 창출 -기초과학-공간 간 융합으로 과학난제 도전에 글로벌 리더십 주도 및 인류 공동의 난제 해결로 공영가치 기여
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 -실패 가능성이 높으나 성공시 경제·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 기초과학과 공간 간 융합연구를 통해 해결 및 선도가 가능한 과학난제 분야
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 -과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 4.5년 / 총 90억 원 지원(20억/년) -소규모 그룹 연구를 통한 난제 적절성 검증
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• 연구책임자 중심의 소규모 그룹 융합연구 -7인 이상 참여 불가능
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 -유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• 오픈 R&D 플랫폼 지향 • 기초 연구를 중심으로 하여 시장과의 연계성 낮음
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• (문제점) 기초 및 공학 융합연구를 중심으로 함에 따라 자율 기반의 한계에 도전하는 도전·혁신형 사업으로 보기엔 다소 어려움 존재

❍ 과학난제도전 융합연구개발사업 또한 고위험의 난제 해결을 목표로 하지만, 기존의 패러다임을 바꾸는 변혁적 기술 확보와 도전을 위한 연구환경 조성이 아닌 새로운 지식의 발견과 학문의 지평을 여는 내용이 중심

- 기초연구 및 공학 융합을 위한 소규모의 집단연구를 수행하여 고위험-고수익의 연구개발을 위한 연구를 수행하는 동 사업과의 차이점이 존재

- 연구자 수요 기반의 과제 발굴과 사업단의 과제 관리 등 기존 R&D 체계를 따르고 있어 변혁적 성과 확보를 위한 연구 환경 조성이 어려울 것으로 판단됨

<표 7-29> 동 사업과 과학난제도전 융합연구개발사업 비교



(3) 주관부처 타 사업과의 차별성 분석 ③ : 미래유망융합기술 파이오니어

❑ 「한계도전 R&D 프로젝트」와 미래유망융합기술 파이오니어의 차이점은 지원 분야 및 방식

❍ 동 사업은 임무 달성 및 변혁적 기술개발을 통한 패러다임 전환을 위한 연구개발을 수행하나 미래융망융합기술 파이오니어 사업은 혁신적 기술 확보를 수행하나 기술 분야간 융합 연구를 주된 목적으로 수행하는 것으로 판단

- 동 사업은 책임PM 주도의 연구주제 발굴 및 기획을 수행하고 연구원 구성을 책임PM 자율에 기반하나 미래유망유합기술 파이오니어 사업은 연구자들이 직접 연구테마 발굴 및 기획 하도록 유도하며, 신진연구원 참여를 의무화하여 동 사업과 차이점 존재

<표 7-30> 동 사업과 혁신도전 프로젝트 사업과의 차별성 분석

구분	한계도전 R&D 프로젝트	(과기정통부) 미래유망융합기술 파이오니어
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 신기술 · 산업 패러다임 창출 또는 변화를 유도할 수 있는 임무 중심 핵심원천기술 개발을 위한 융합연구 지원 - NT, BT, ET, IT 등의 이종기술간의 융합을 통해 고위험-고수익형 융합원천기술 개발
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 - 실패 가능성이 높으나 성공시 경제 · 사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 현존 기술로 해결이 어려운 임무에 대한 기술적 해결책을 제시할 수 있는 기술 · 집단 간 융합연구 과제 지원
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 - 과제별 지원기간 및 규모 상이	• `08년부터 수행된 계속 과제 -(전략형) 과제당 5년 내외(2+3) : 1단계 평균 6억, 2단계 평균 12억 -(도전형) 과제당 6년 내외(2+2+2) : 1단계 평균 4억, 2단계 평균 8억, 3단계 평균 12억
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	-
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 - 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• 성과목표를 원천특허 포트폴리오로 선정 • 집단 융복합을 위한 소규모 집단연구 지원
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	-

❍ 새로운 패러다임 창출 또는 변화를 유도할 수 있는 임무 중심의 원천기술개발 사업이라는 점에서 동 사업과 유사점이 존재하나, 기존의 R&D 관리 방식을 따르고 있어 도전적인 연구개발 생태계 조성에는 어려움 존재

- 2개 이상의 기술 분야 간 융합연구를 통해서만 해결 및 선도가 가능한 미개척 분야를 대상으로 각 단계를 거치면서 검증된 소수 과제들만 계속 지원되는 구조(Down-Selects)로 경쟁하여 지원 범위가 한정적이며, 기술 범위가 정해져 있어 자율적 연구 수행에 한계점 존재

(4) 타 부처 타 사업과의 차별성 분석 ⑤ : 한국형 ARPA-H 프로젝트

❑ 「한계도전 R&D 프로젝트」와 ARPA-H의 가장 큰 차이점은 연구 분야에 존재

❍ 동 사업은 ①소재, ②기후·에너지, ③바이오, ④첨단융합, ⑤공공안전 등 5개의 분야에서 국가·사회적 현안 해결과 미래 성장동력 확보를 위한 도전적 연구개발을 수행하나 ARPA-H 프로젝트에서는 보건의료 분야의 난제 해결만을 위해 도전적 연구를 추진

<표 7-31> 동 사업과 한국형 ARPA-H 프로젝트와의 차별성 분석

구분	한계도전 R&D 프로젝트	(보건복지부) 한국형 ARPA-H 프로젝트
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 국가·사회가 당면한 보건·의료분야의 난제를 해결하기 위해 고비용·고난도 이나 파급효과가 큰 임무중심형 연구개발 추진
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 - 실패 가능성이 높으나 성공시 경제·사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 보건안보 확립, 미정복질환 극복, 바이오헬스 초격차 기술 확보, 복지·돌봄 개선, 필수의료 지역완결체계 구축 5개 분야의 도전적 문제 해결
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 - 과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 10년(`24년~`33년) / 1조 1,628억 원 - `24년 495억 원의 예산 지원
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• PM 주도의 과제 기획 및 특별위원회를 통한 기획방향 확정 • 해외 우수기관과의 글로벌 협력 지원
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 - 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• PM 중심의 신속한 결정 • 고위험, 고수익의 도전적 연구 장려
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• 외부 위원회를 통한 신속하고 유연한 책임PM 주도의 사업 관리에 차질 우려

❍ 미국의 DARPA 모델인 ARPA-H의 한국형 사업으로 동 사업과 유사한 점이 많으나, 특별위원회를 운영하여 선정된 과제나 프로젝트의 기획 방향을 확정함에 따라 외부 전문가들에 의한 직·간접적인 영향이 있을 것으로 예측됨

(5) 타 부처 타 사업과의 차별성 분석 ④ : 알키미스트 프로젝트

❑ 「한계도전 R&D 프로젝트」와 알키미스트의 가장 큰 차이점은 기업의 참여 여부

❍ 동 사업은 변혁적 기술개발의 성과를 연계하기 위한 T2I 조직을 운영하나 알키미스트는 기업멤버십 운영으로 기업의 필수적 참여를 통한 성과 확산을 추진

<표 7-32> 동 사업과 알키미스트 프로젝트 사업과의 차별성 분석

구분	한계도전 R&D 프로젝트	(산업부) 알키미스트 프로젝트
사업목적	• 임무지향형 변혁적 기술개발을 위한 자율과 책임 기반의 도전적 연구문화 정착	• 미래 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제적 · 사회적 파급효과가 큰 도전적 · 혁신적 핵심원천기술개발을 통해 새로운 시장 및 산업영역 창출
지원대상	• 미래 과학기술 패러다임을 바꿀수 있는 도전적 연구 - 실패 가능성이 높으나 성공시 경제 · 사회적 파급효과가 큰 변혁적 기술 분야	• 선정된 연구테마와 관련된 산업기술 전 분야를 대상 - (연구테마) 현재 기술 수준을 뛰어넘어 기존 시장에 얽매이지 않고 신산업을 창출할 수 있는 와해성 기술, 게임체인저 기술을 목표
지원기간 및 규모	• 총 10년(`26년~`35년) / 연 600억 원 내외 - 과제별 지원기간 및 규모 상이	• 총 10년(`22~`31년) / 총 4,412억 원 - 경쟁형 R&D 지원으로 단계별 지원 규모 및 기간 상이 : 1단계(1년, 2억) → 2단계(1년, 5억) → 3단계(5,40억)
추진체계	• 한계도전전략센터(센터장)-책임PM의 신속한 의사결정 체계	• 민간 전문가들로 구성된 그랜드챌린지위원회에서 테마 발굴
주요특징	• 책임PM 주도의 과제 기획-선정-평가-관리 수행 - 유연하고 신속한 연구관리제도 도입 • 내외부 전문 지원조직 구성을 통한 책임PM 지원	• 3단계의 경쟁형 R&D 방식 • 기업 멤버십 도입으로 사업화 연계 추진
차별성	• 창출 성과의 확산을 위한 지원조직 존재 • 독립적인 센터를 통한 유연하고 신속한 대응 및 지원	• 연구개발에 기업참여로 특정성 문제 제기 우려

❍ 혁신적 테마를 지향하는 점에서 동 사업과 유사하나, 알키미스트 프로젝트는 사업화를 중점으로 하여 기업의 참여를 요구하고 있으며, 참여기업이 IP 우선 획득권을 소유하여 특정 기업이 요구하는 제품·수단에 한정된 기술 공급 가능성이 존재

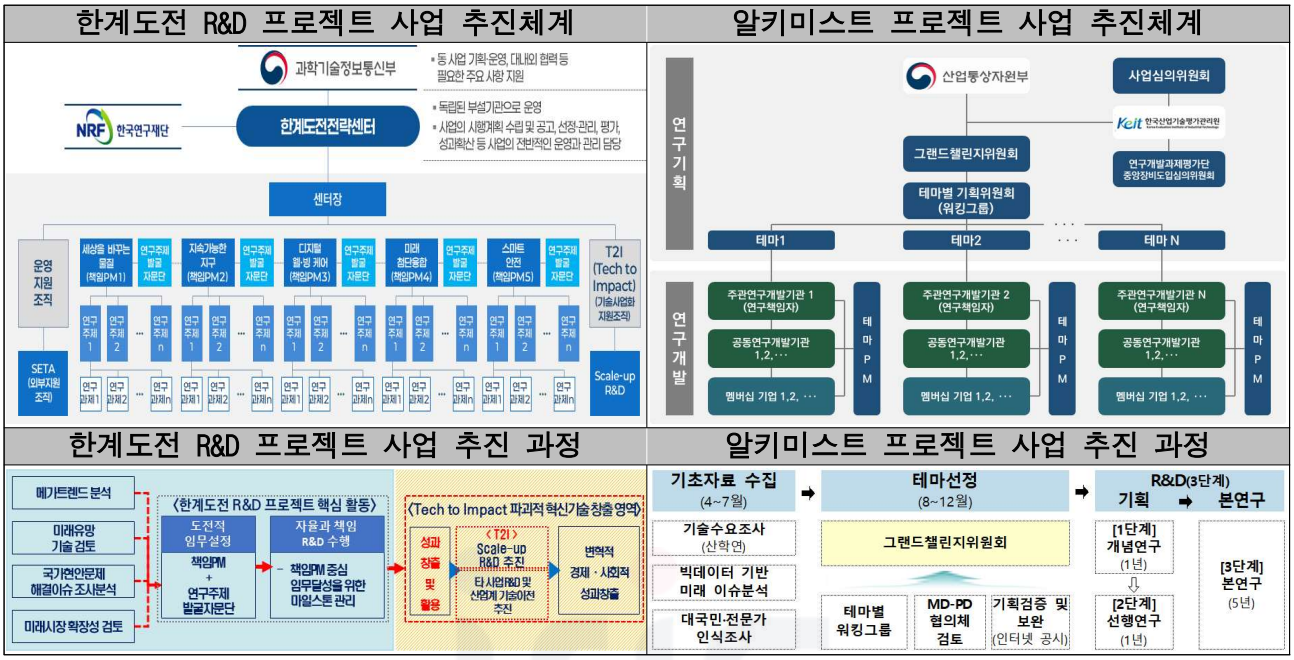
- 한계도전 R&D 프로젝트는 T2I(Tech to Impact) 조직을 통하여 창출 성과의 확산을 촉구하며, Scale-up R&D 및 타 사업 연계 지원을 통하여 개발 기술의 실용화를 본 연구와 분리하였으며, 범용적인 원천기술 개발을 지향

- 알키미스트 프로젝트는 경쟁형 R&D 수행으로 중간 탈락 과제가 지속적으로 배출되며, 중복성의 문제로 인한 과제 진행의 어려움이 존재하나 동 사업은

다양한 방법론으로 연구를 수행하고 중간 종료되는 과제나 실패 과제에를 대상으로 하는 EXIT 연구과제 연계 지원으로 연구의 단절을 방지

➟ 알키미스트 프로젝트는 또한 기존의 전문관리기관이 기술 수요를 발굴하며 평가위원회 운영과 성과 활용 등을 전담하는 등 기존 R&D 체계의 관리 방식을 유지하고 있어 프로그램 기획과 관리의 통합·유기적 연결이 어려운 것으로 판단됨

<표 7-33> 동 사업과 알키미스트 프로젝트의 사업 비교



3 재원조달 가능성

❑ **'24년 3월, 정부는 「혁신적·도전적 R&D 육성시스템 체계화방안」 발표를 통하여, 혁신도전형 R&D 사업군을 구분, 혁신도전형 R&D 투자의 지속성을 위해 '25년 1조 원 지원과 '27년 총 정부 R&D 예산의 5% 수준*의 지원 추진**

* 중기재정기준 `27년 1조 5,800억 원 수준

❍ 정부 R&D 예산의 5% 수준을 혁신·도전형 R&D에 지원할 예정임에 따라, 한국연구재단의 국책 연구 예산의 4% 내외*를 동 사업의 예산 규모로 산정

* 동 사업이 벤치마킹한 DARPA를 포함한 ARPA 프로그램은 미국 R&D 총 투자액의 3.5%인 10조 원대의 예산 규모로 수행되고 있음을 종합적으로 고려

- 임무중심형 R&D의 대표적인 사업인 한국연구재단의 국책 연구 사업의 예산은 '23년 2조 5,000억 원이었으며 이에 4%인 1,000억 원대 규모로 한계도전 R&D 프로젝트를 운영하는 것이 적절할 것으로 판단됨

- 이에, 동 사업 예산은 총 10년간 약 6,749억 원 규모로 산정

➟ R&D 비용은 전체 예산의 93.9%인 6,340억 원이며, 기획관리평가비는 409억 원으로 전체의 6.1%에 해당하여 높은 축에 속하나, 기평비에 책임PM을 외부에서 전문적으로 지원하는 조직인 SETA 관련 비용이 포함되어 있어 기평비 금액은 적절한 것으로 판단

➟ DARPA의 SETA 운용비는 전체 프로그램 운영비의 7.7% 수준으로 동 사업 R&D 금액 대비 1.62% 수준인 동 사업의 SETA 운용비는 적절한 것으로 판단

<표 7-34> 한계도전 R&D 프로젝트 지원 규모

(단위: 억 원)

구분				1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	소계
R&D		Seedling		10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	90
		한계도전 R&D		400	600	800	600	600	600	600	600	400	200	5,400
		Scale-up R&D		-	-	-	100	100	100	150	150	150	100	850
		합계		**410**	**610**	**810**	**710**	**710**	**710**	**760**	**760**	**560**	**300**	**6,340**
운영비	책임PM	책임PM 인건비		10	10	20	10	20	10	20	10	20	10	140
		SETA		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
		센터장 인건비		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	25
	운영지원	사업기획실		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
		사무행정		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
		기획평가추진비	공통	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
			과제연계	4	6	8	6	6	6	6	6	4	2	54
			합계	9	11	13	11	11	11	11	11	9	7	104
	합계			**35.5**	**37.5**	**49.5**	**37.5**	**47.5**	**37.5**	**47.5**	**37.5**	**45.5**	**33.5**	**409**
총 합계				**445.5**	**647.5**	**859.5**	**747.5**	**757.5**	**747.5**	**807.5**	**797.5**	**605.5**	**333.5**	**6,749**

❑ 동 사업 추진을 위한, 연 600억 내외의 R&D 예산을 조달하기 위해선 국가재정운용계획 고려 필요

❍ 「2023~2027 국가재정운용계획」에 따르면, R&D 분야의 '23~'27년 연평균 증가율은 0.7%로 증가 추세이며 낮은 증가율은 전년 대비 16.6% 감소한 25.9조 원의 예산이 '24년 투입되었기 때문

<표 7-35> 2023~2027 분야별 재원배분 계획

(단위: 조 원, %)

구분	`23	`24	`25	`26	`27	`23~`27 연평균
R&D	31.1(4.3)	25.9(△16.6)	27.6(6.4)	29.5(7.0)	31.6(7.0)	0.7
총 지출	638.7(5.1)	656.9(2.8)	684.4(4.2)	711.1(3.9)	736.9(3.6)	3.6

- 정부 R&D 예산에서 과기부 R&D 예산을 전망하고 이 중 신규 R&D 가용예산을 추정

➟ '24년 예산을 기준으로, 최근 5년('20~'24)간의 과기부 R&D 예산 연평균 증가율(3.2%)을 동 사업의 사업 기간인 '34년까지 적용하여 추정

* 최근 5년간 과기부 R&D 예산: (`20)79,882 → (`21)87,357 → (`22)94,083 → (`23)97.761 → (`24) 90,437 ➔ 연평균 증가율: 3.2%

* 일몰사업 관련 예산은 타 사업의 기획 수요를 고려하여 0원으로 산정

❍ 사업 기간('26~'35) 내 과기부 신규 R&D 예산 추정 결과 총 가용예산은 33,936억 원 규모이며, 신규 가용예산 대비 동 사업예산 비율은 연평균 18.2%로 높은 편에 속하나, 사업 추진 가능성은 충분한 것으로 판단

<표 7-36> 2025~2034년 R&D 예산 전망을 통한 재원조달 전망 분석

(단위: 억 원)

구분	`26	`27	`28	`29	`30	`31	`32	`33	`34	`35	합계
예산 전망	96,227	99,259	102,387	105,613	108,941	112,374	115,915	119,568	123,336	127,223	1,110,843
신규 가용 예산 추정	2,940	3,032	3,128	3,226	3,328	3,433	3,541	3,653	3,768	3,887	33,936
동사업예산	445.5	647.5	859.5	747.5	757.5	747.5	807.5	797.5	605.5	333.5	6,749
추정 예산 대비 사업비	15.2%	21.4%	27.5%	23.2%	22.8%	21.8%	22.8%	21.8%	16.1%	8.6%	19.9%

4 법·제도적 위험요인

❑ 한계도전 R&D 프로젝트 사업추진에 있어 법·제도적 위험요인은 없는 것으로 판단

❍ (사업추진 근거법령의 적절성) 동 사업은 도전적 혁신적 기술 개발과 관련된 내용이며, 이와 관련된 국가 법령 및 중장기 정책등에서 제시되고 있음

- 「과학기술기본법」 제11조(국가연구개발사업의 추진)
- 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법」 제14조(특정연구개발사업의 추진)
- 동 사업의 상세 규정과 추진 절차는 「국가연구개발혁신법」 및 동법 시행령, 동법 시행규칙과 과학기술정보통신부 소관 과학기술분야 연구개발사업 처리규정, 한계도전 R&D 운영 규정 등을 준수

❍ (국내 관련 법제도 검토-국가연구개발사업 절차의 누락 가능성) 국가연구개발사업 절차의 누락 가능성을 종합적으로 검토

- 본 연구개발사업은 과학기술정보통신부 소관이며, 총사업비가 500억 원 이상, 국가 재정 지원 300억 원 이상으로 예비타당성 조사 대상
- 「국가재정법」에서는 총사업비 500억 원 이상이고, 국가의 재정 지원 규모가 300억 원 이상인 신규사업을 예비타당성 조사 대상으로 규정
- 「과학기술기본법」에서는 중앙행정기관의 장은 과학기술 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 세워 추진하도록 규정
- 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에 근거한 사업 기획 단계를 거쳐 사업 기획(안) 작성

❍ (조약 및 국제협약 검토-WTO 보조금 위반 검토) 국가연구개발사업의 지원이 WTO 금지보조금 및 조치 가능 보조금에 해당하여 마찰 가능성이 있는지 평가

- 「WTO 보조금 및 상계조치협정(Agreement on Subsidies and Countervailing Measures, 이하 보조금협정)」 제2조에 따르면 동 협정은 '특정성*' 있는 보조금만을 규제 대상으로 하고 있음

<표 7-1> WTO 보조금 위배사항 종합검토

WTO 보조금 위배 규정항목		검토결과	관련내용
금지 보조금	수출보조금	×	기업의 수출 증진 또는 수입대체 실적 등과 직접 연계되는 금지보조금에 해당하지 아니함
	수입대체보조금	×	
조치가능 보조금	재정적 기여	×	R&D 자금의 이전
	혜택여부	×	기술개발 지원을 위한 자금이전으로 혜택 발생
	특정성	×	동 기술 개발 사업은 프로그램형 사업으로 특정성과 해당없음

3절 경제적 타당성 분석

1 사업 규모 분석

❑ 비용추정

❍ 동 사업은 총 10년('25년~'34년) 동안 6,749억 원 규모의 국고 투입 예정

- R&D비용은 본 연구와 Seedling, Scale-up R&D를 포함한 6,340억 원(93.9%)이며 기평비는 인건비와 전문지원조직 운용, SETA등을 포함한 409억 원(6.1%)

- 이때, R&D는 5개의 연구분야* 별 9개의 연구주제로 구성되며 연구주제 당 수행과제 규모는 책임PM 주도로 기획, 구성

* 5개의 연구분야: 미래를 여는 물질, 디지털웰·빙, 지속가능한 지구, 혁신첨단융합, 스마트안전

❍ 동 사업의 연구분야(테마) 당 R&D 지원 금액*은 1,268억 원이며, 연구주제 당으로 판단 시 120억 원으로 계산됨

* Seedling 과제와 scale-up 과제 지원 금액 포함

<표 7-37> 한계도전 R&D 프로젝트 지원 규모

(단위: 억 원)

구분				1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	소계
R&D		Seedling		10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	90
		한계도전 R&D		400	600	800	600	600	600	600	600	400	200	5,400
		Scale-up R&D		-	-	-	100	100	100	150	150	150	100	850
		합계		**410**	**610**	**810**	**710**	**710**	**710**	**760**	**760**	**560**	**300**	**6,340**
운영비	책임PM	책임PM 인건비		10	10	20	10	20	10	20	10	20	10	140
		SETA		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
		센터장 인건비		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	25
	운영지원	사업기획실		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
		사무행정		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
		기획평가 추진비	공통	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
			과제연계	4	6	8	6	6	6	6	6	4	2	54
			합계	9	11	13	11	11	11	11	11	9	7	104
	합계			**35.5**	**37.5**	**49.5**	**37.5**	**47.5**	**37.5**	**47.5**	**37.5**	**45.5**	**33.5**	**409**
총 합계				**445.5**	**647.5**	**859.5**	**747.5**	**757.5**	**747.5**	**807.5**	**797.5**	**605.5**	**333.5**	**6,749**

❍ 동 사업 예산을 설정하기 위해 각 분야 주제를 구성하는 세부과제별 단가를 설정하여 전체 사업규모를 수정

- 과제별 사업단가를 설정하기 위해 동 사업과 유사한 성격의 원천기술개발 사업의 과제 당 지원내역을 토대로 설정

- 유사 원천기술개발사업의 평균 지원기간은 49개월으로 나타났으며, 지원금액은

41.97억 원, 연평균 지원금액은 10.84억 원으로 나타남

- 동 사업은 5개 분야에서 9개 주제를 발굴하여 각 주제당 4개의 과제를 3년간 수행함을 가정, 각 과제별로 연간 10억 내외의 연구비를 상대적으로 짧은 기간인 3년 안에 집중지원하여 성과창출

<표 7-38> 유사 원천기술개발 프로젝트별 지원 규모

사업명		연구기간	총지원금액	연평균 지원금액
STEAM 사업	BRIDGE 연구개발	3년	30억 원	10억 원
	과학기술인문사회융합연구	4년	27.5억 원	6.9억 원
	미래유망 융합 파이오니아(도전)	5년	45억 원	9억 원
	미래유망 융합 파이오니아(전략)	4년	47.8억 원	12억 원
PIM인공지능 반도체 핵심기술개발		3년	58억 원	20억 원
나노소재 기술개발사업	기술개발	3~4년	43.8억 원	11.5억 원
	나노미래소재 원천기술개발사업	4년	38.2억 원	9.5억 원
바이오 의료 기술개발사업	미래감염병 기술개발사업	4년	38억 원	9.5억 원
	차세대 바이오	4년	81.4억 원	20억 원
뇌과학선도융합기술개발사업		2~4년	23억 원	6.9억 원
국가반도체연구실핵심기술개발사업		4~5년	24.5억 원	5.5억 원
초고성능컴퓨팅 SW 생태계 조성		5년	46.5억 원	9.3억 원
평균		4년1개월 (49개월)	41.97억 원	10.84억 원
한계도전R&D프로젝트		3년	주제당 4개 과제 수행 40억 원 X 3년= 120억 원	과제당 연간 10억

<표 7-39> 한계도전 R&D 프로젝트 분야별 지원 규모

(단위: 억 원)

연구 분야	연구 주제	주제별 합 계	연구 과제	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	합계
한계 도전 R&D	주제1	120	신규	40										40
			계속		40	40								80
	주제2	120	신규	40										40
			계속		40	40								80
	주제3	120	신규		40									40
			계속			40	40							80
	주제4	120	신규			40								40
			계속				40	40						80
	주제5	120	신규				40							40
			계속					40	40					80
	주제6	120	신규					40						40
			계속						40	40				80
	주제7	120	신규						40					40
			계속							40	40			80
	주제8	120	신규							40				40
			계속								40	40		80
	주제9	120	신규								40			40
			계속									40	40	80
	주제별R&D 합계			80	120	160	120	120	120	120	120	80	40	1,080
	시들링			2	2	2	2	2	2	2	2	2		18
	Scale-up R&D						20	20	20	30	30	30	20	170
	1개 분야 합계			82	122	162	142	142	142	152	152	112	60	1,268
5개 분야 합계				410	610	810	710	710	710	760	760	560	300	6,340

❍ 비용의 적정성 추정결과

- (R&D) 한계도전 R&D 프로젝트의 연구 주제당 금액인 120억 원은 독일의 SPRIN-D의 최대 220억, 우리나라의 ARPA-H프로젝트의 평균 180억 원과 비교 시, 크게 차이가 나지 않음에 따라, 적절한 예산 산정이라 판단됨

<표 7-40> 국내외 도전·혁신형 R&D의 예산 규모 비교

구분	한계도전 프로젝트	Moonshot(日)	SPRIN-D(獨)	알키미스트 프로젝트	ARPA-H 프로젝트
주요 내용	• 연구분야 당 1,153억 • 연구주제 당 120억 원 (3년)	• 연구테마 당 115억 엔 (약 1,000억)	• 프로젝트 당 연간 400만 ~ 1500만 유로 지원 (58~220억)	• 테마당 227억 • 과제당 최대 7년, 207억 원	• 프로젝트당 평균 5년, 180억 원

- (Seedling) 시들링은 본 R&D 이전에 도전적 아이디어의 실현 가능성을 검증하기 위한 별도의 과제로 책임PM 당 2억 원, 연간 10억 원의 국비 운용 수행

* Seedling 과제를 수행하여야 본 R&D가 진행되는 것이 아니며, 사업의 성공률 제고를 위하여 실시되는 추가적인 단기·소형 R&D 과정임에 따라 Seedling 이후 본 연구로 이어지지 않는 과제들이 중복성의 문제에 걸리지 않도록 타 사업으로의 연계 지원 수행 추진

➟ 국내외 도전·혁신형 R&D의 개념 검증형 단기 과제 규모와 비교하였을 시, 상대적으로 낮은 것으로 인식될수 있으나, 한계도전 R&D의 Seedling을 바탕으로 빠르게 본 R&D로 추진할 예정이기에 적절할 것으로 판단됨

<표 7-41> 국내외 도전·혁신형 R&D의 단기(챌린지) 및 개념검증 과제 금액

구분	한계도전 프로젝트	DARAP(美)	SPRIN-D(獨)	알키미스트 프로젝트
주요 내용	• 단기 개념검증을 위한 Seedling 과제에 분야당 18억 원(연 2억)	• 단기간의 타당성 검증 R&D는 100만 달러 내외로 지원 (약 13억)	• 2~3년간 약 50~300만 유로 지원 (약 7~44억)	• 1단계(1년) 개념검증에 과제당 2억 원 지원 • 2단계(1년) 선행연구에 과제당 5억 원 지원

- (Scale-up) 성과의 확산과 개발 기술의 실현화를 위한 Scale-up R&D 과제는 국내외 도전·혁신형 R&D에 비해 낮은 지원받으나 창출된 성과가 파급력 높은 변혁적 기술이면서도, 원천성을 갖춘 기술이기 때문에 향후 사업화를 고려한 개념 재확인 관점에서의 책임PM당 연간 20~30억 원의 Scale-up 금액 운용은 적절한 것으로 판단됨

<표 7-42> 국내외 도전·혁신형 R&D의 Scale-up 및 실현화 관련 과제 금액

구분	한계도전 프로젝트	ARPA-E(美)	ARPA-H(美)	알키미스트 프로젝트
주요 내용	• 분야당 170억 원 (4년차부터 연간 20~30억)	• 프로그램당 약 1,000만 달러의 지원 수행 (약 130억)	• 중소기업의 제품, 서비스 전환을 위한 사업에 최대 400만 달러 지원 (약 50억)	• 상업화를 목적으로 하는 3단계(5년) 본연구에 과제 당 200억 원 지원 (연간 40억 원)

- (SETA) SETA는 외부에서 책임PM 활동 전반을 전문적으로 지원하는 조직으로 연 10억 원 규모의 지원받으며, 이는 전체 예산 금액의 1.5%로 적절한 것으로 판단

➟ '15년 기준 DARPA 프로그램 지원 금액 19.6억 달러 중 1.5억 달러(7.7%)가 SETA에 투입되었으며, 한계도전 R&D 사업에서는 전체 지원 금액 중 100억 원(1.5%)만이 투입되어 벤치마킹한 DARPA 모델의 투입 비율보다 적은 것으로 확인

2 사업 분석

가) 비용효과 분석 개요

❑ 비용효과분석(Cost-Effectiveness Analysis)

❍ 동 사업은 도전·혁신형 R&D 사업으로, 지정된 기술이 아닌 실패 가능성이 높으나 성공 시 경제·사회적 파급력이 높은 변혁적 과학기술 창출을 목표로 함에 따라, 비용-효과분석을 수행하기에 알맞은 것으로 검토됨

❍ (비용효과분석 정의) 비용효과분석은 효율성(efficiency)을 계산하는 방법론으로 효율성은 투입(input)과 산출(output)의 관계라고 정의됨

- 의사결정 대안의 비용과 결과물(consequences)을 체계적인 방법(systematic way)으로 함께 고려하여 주어진 자원을 활용하여 가장 높은 결과를 달성하는 대안을 선택
- 정책적 의사결정자가 특정 정책에 대한 대안들을 분명하게 식별할 수 있도록 기준을 제공해 주고, 한정된 자원들을 어떤 특정한 프로그램에 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

<표 7-43> 경제성분석 방법론의 장·단점

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

❍ 비용효과분석의 필요성

- 공공사업의 경제적 타당성을 평가하기 위한 다른 방법으로 비용효과분석을 활용
- 비용편익분석과 비용효과분석은 정부의 사업이나 정책, 프로그램 평가에 활용할 수 있는 유용한 툴로 비용과 편익 항목들이 제대로 분류되지 못하거나 정량적으로 측정되지 못한다면 비용편익분석은 무용지물(김동건, 2008).
- 공공사업에서 경제적 편익의 측정이 거의 불가능한 경우가 자주 발견되며, 이 때 사용할 수 있는 방법이 비용효과분석으로 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

❍ 비용 효과분석의 한계

- 비용효과분석으로 여러 대안의 우선순위를 비교할 때에는, 비교대상 대안들의 산출물이 동일해야 한다는 한계를 지님

- 비교 대상인 각 대안들이 동일한 성격의 목표(효과)를 가지고 있으며, 그 목표가 무엇인지 확실하게 규명되고, 비록 화폐단위가 아닌 물리적 단위에 의한 것이라도 동일한 잣대로 명확하게 측정될 수 있어야 함

- 예시로 비용편익분석은 학교를 짓는 대안과 도로를 건설하는 대안을 화폐가치화를 통해 비교할 수 있으나, 비용효과분석으로는 화폐단위로의 환산 없이 학교와 도로의 효과를 비교할 방법이 없으며, 서로 다른 목표를 가지고 있는 사업들에 관해서는 비용효과분석에서 이를 비교 평가할 방법이 없음

❑ 국가연구개발 투자에 대한 평가를 위하여 객관적이고 정량화된 경제성 분석법인 비용편익분석(cost benefit analysis)을 적용하는 것이 이상적이나 동 사업은 비용효과분석을 수행할 예정

❍ 기술비지정형, 도전혁신형 R&D의 경우 비용효과분석을 통한 경제적 타당성 분석 수행이 증가하고 있으며, 특히 도전혁신형 사업의 경우 비용효과분석을 우선적으로 고려하도록 지침

* 국가연구개발사업의 불확실성과 비시장재화적 성격으로 인하여 실물옵션법과 조건부가치평가법을 경제성분석방법으로 고려할 수 있음

참고 **비용효과분석 사례**

◈ 기존에 수행된 국가연구개발사업 예비타당성조사에서 고정예산접근법을 이용하여 비용효과분석을 수행한 사례로 글로벌프론티어사업이 있고, 고정효과접근법을 이용하여 비용효과분석을 수행한 사례로 공공복지안전연구사업이 있. 분석방법 및 가용자료의 문제로 인한 고유의 어려움이 존재함

◈ 글로벌프론티어사업에서는 사업목표인 '기초·원천기술'과 '네트워크 연구거점'에 대한 정량화된 정보가 부족함으로 인한 분석의 어려움이 존재하였음

○ 공공복지안전연구사업에서는 기술완성을 위해 예상되는 소요시간이 길고 매출발생시점에 불확실성이 존재하며, 특히 존재하지 않는 기술의 개발로 인한 성과지표의 비교에 어려움이 존재하였음

○ 그 외의 사업에서는 경제성 분석관점에서의 비용효과분석이라기 보다는 연구개발투자로 인한 과학기술 또는 경제사회적 파급효과에 대한 긍정적인 조감을 다루는 것에 가까움

❑ 동 사업의 비용효과분석 방법론

❍ (분석방법론) 동 사업과 유사하게 연구개발 기간이 장기적이고 해당 연구개발을 통한 원천기술 확보를 목표로 하는 사업을 벤치마킹하여 사전검토

- (고정비용 분석) 기존 유사 연구개발 사업과 비슷한 성과가 창출될 것을 가정하고, 동일한 성과을 위해 얼마만큼 비용을 요구하는지 분석함으로서 해당사업의 비용대비 효과를 분석

- (고정효과 분석) 기존 유사 연구개발 사업들의 투입대비 성과에 비해 해당 예비타당성 조사사업에서 목표로 제시하고 있는 목표성과들이 비용대비 성과가 더 높은 지를 다양한 지표들로 고정효과를 분석함으로서 해당사업의 비용대비 효과를 분석

<표 7-44> 비용효과분석을 위한 예상 분석지표 도출

구분	분석지표	단위
고정비용 분석	사업비	억원
고정효과 분석	삼극특허	건수
	논문성과의 우수성	mrnIF 평균값
	후속투자 유치건수	건수
	기술이전 금액	억원

나) 고정비용 분석

❑ 사업 목표 및 난이도 측면에서 ImPACT 사업과 Moonshot 사업, 산업기술 알키미스트 사업과의 비교대안 활용 가능성

❍ 동 사업은 혁신 기술 선점 및 확보를 위해선 전략적인 기술 분야 선정 및 해결해야 할 임무를 설정하여 파급력 높은 과학기술을 위한 연구개발 및 지원 수행이 필요함에 따라 동 사업에서 연구가 필요한 분야 5개를 연구 테마로 선정하여 세부 추진 주제 및 과제 선정 추진

* 5개의 연구테마: 미래를 여는 물질, 디지털웰·빙, 지속가능한 지구, 혁신첨단융합, 스마트안전

- (ImPACT 사업) 환경, 건강한 삶, IT & 4차산업, 양자 컴퓨터, 휴머노이드 기술 등 국내에 비해 더 폭넓고 포괄적인 분야를 대상으로 진행되었으며. 이는 이미 5년간의 사업추진을 통하여 다양한 분야에서 연구주제가 발굴되었기 때문

➡ ImPACT 사업은 '13년부터 추진된 R&D사업으로 시간의 간극은 존재하지만 주제의 특성, 원천 중심의 과학기술개발 등 사업의 특성을 살펴보면 ImPACT사업과 동 한계도전R&D 프로젝트와의 차이는 없는 것으로 판단

- (Moonshot 사업) 연구범위가 산업과 전 지구적 문제를 함께 고민하는 것으로 알키미스트 사업보다 범위가 크며, 궁극적인 목표를 2050년에 두고 있음

➡ Moonshot 사업은 ImPACT 사업의 후속사업으로 더 장기간의 연구 기간, 국제협력을

위한 환경, 식량 등의 전 지구적 난제에 도전하고 있어 ImPACT 사업보다 더 기초단계의 연구부터 시작할 것으로 예측 가능

➟ 10~20년 후의 산업적 파급력을 목표로 하는 동 사업보다는 장기간의 연구기간과 전 지구적 난제 도전을 목표로 하고 있어 연구기간 및 난이도에서 일정부분 간극이 존재하는 것으로 판단됨

➟ 단, 해당 난제도전을 통해 파생되는 산업적 효과는 존재할 것으로 판단되며 동 사업의 효과와 유사할 수 있다는 가정은 가능할 것으로 판단됨

- (산업기술 알키미스트 사업) 미래 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제적·사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천 기술개발을 통해 새로운 시장 및 산업영역 창출 목적의 기술개발 사업

➟ 산업기술 알키미스트 사업은 신산업 창출을 위한 와해성, 게임체인저 기술 등 산업계 혁신을 위한 핵심기술 개발 산업으로 원천성에 집중한 동 사업보다 응용개발 기술에 좀더 집중되어 있으며, 동 사업의 변혁적 기술을 바탕으로 연계 활용이 가능할 것으로 기대

❑ 유사 사업과의 비용효과분석

❍ 고정효과 접근법의 관점에서 비용효과분석을 수행하기 위한 동 사업과 ImPACT 사업의 비용추계는 다음과 같음 ('23년 현재가치 환산)

- ImPACT 사업은 '14년에 12개 과제를 선정하여 총 415.92억 엔을, 2015년에 4개 과제를 선정하여 총 76.57억 엔을 지원하였으며, 이를 2023년 현재가치로 환산하면 6,672억 원

- Moonshot 사업은 '19년부터 31년까지 약 1천억 엔, 약 9,334억 원을 지원할 예정

- 산업기술 알키미스트 산업은 '22년부터 31년까지 약 4,122억 원, 현재가치로 3,471억 원을 지원할 예정

- 동 사업은 하나의 주제(3~4개 과제 구성)를 지원하는데 109억 원의 비용이 발생하여, 동 사업은 타 사업 대비 효과적인 지원이 가능할 것으로 예상

<표 7-45> 동 사업과 ImPACT 사업과의 비용효과 분석 결과

(단위: 억 원)

구분	사업비 (현가)	과제 수	과제당 단가 (현가)
동 사업	4,906	45(주제)	109.0
산업기술 알키미스트	3,471	16	216.9
ImPACT	6,672	16	417.0
Moonshot 프로젝트	8,801	25	352.0

❍ 다만 동 사업의 비용효과는 예상되는 결과나 효과가 비슷하다고 가정한 부분에서 접근 하였을 때 동 사업의 효과가 ImPACT 사업이나 Moonshot프로젝트, 산업기술 알키미스트와 동일한 효과가 발현된다고 보기 어려움

- 동 사업은 대안으로서 비교된 사업보다 원천성에 집중하고 있으며, 성공이나 실패보다도 혁신적 과학기술 역량 제고를 위해 現 과학기술 체계에 대한 근본적인 변화를 추진하기 위한 R&D사업으로, 책임PM제를 중심으로 자유로운 혁신문화 창출을 위한 사업임을 감안하면 동 사업의 효과적임을 증명하기 보다는 효과성을 확인하는 측면에서 접근하였음

- 그러나 유사한 사업에서 예상되는 비용대비 저비용으로 동등한 효과를 창출해내고자 하는 도전적인 목표 측면에서 접근하였으며, 단순 상용화 측면이 아니라 원천성에 집중하여, 기초원천연구를 수행하고 변혁적 성과를 창출해내는 기반으로서 동 사업이 의미를 가지고 있다고 볼수 있음

- COVID-19 당시 mRNA백신을 3개월만에 등장한 이유로 30년전부터 mRNA백신을 위한 R&D가 지속적으로 추진되어옴에 따라 COVID-19라는 범지구적 이슈에서 주도적 위치로 도약한 결과라 할수 있음

<표 7-46> 동 사업과 ImPACT 사업과의 비용비교

년도	사업비										할인율 (4.5%)
	IMFACT(일본)			Moonshot(일본)			알키미스트		동 사업		
	사업비	불변 가치	현재 가치	사업비	불변 가치	현재 가치	사업비	현재 가치	사업비	현재 가치	
2014	1,297	1,301	1,969								1.513
2015	1,297	1,322	1,910								1.445
2016	1,530	1,561	2,155								1.380
2017	243	248	327								1.318
2018	243	247	311								1.259
2019				224	232	278					1.202
2020				448	465	533		0			1.148
2021				672	695	762		0			1.096
2022				933	980	1,026	57	60			1.047
2023				933	1,018	1,018	119	119			1.000
2024				933	933	893	302	289			0.957
2025				933	933	855	481	440			0.916
2026				933	933	818	612	536	445.5	390	0.876
2027				933	933	783	731	613	647.5	543	0.839
2028				933	933	749	731	587	859.5	689	0.802
2029				709	709	545	551	423	747.5	574	0.768
2030				485	485	357	370	272	757.5	557	0.735
2031				261	261	184	188	132	747.5	525	0.703
2032						0		0	807.5	543	0.673
2033						0		0	797.5	514	0.644
2034						0		0	605.5	373	0.616
2035						0		0	333.5	197	0.590
합계	4,610	4,679	6,672	9,334	9,513	8,801	4,142	3,471	6,749	4,906	-

* 일본의 IMFACT(일본) Moonshot(일본) 사업의 경우 GDP디플레이터를 적용 후 '23년 원-엔 평균환율 9.3314원 적용
* 동 사업기획 직전년도인 '23년도를 기준으로 사회적 할인율 4.5% 적용

다) 고정효과 분석

❑ 원천기술개발 측면에서 접근하는 동 사업의 비용대비 효과를 검토하기 위해 삼극특허, 논문, 후속투자 유치, 기술이전 금액등을 동 사업의 목표 성과와 비교

❍ 기존 유사 연구개발 사업들의 투입대비 성과에 비해 해당 예비타당성 조사사업에서 목표로 제시하고 있는 목표성과들이 비용대비 성과가 더 높은 지를 다양한 지표들로 해당사업의 비용대비 효과를 분석

* 정부 R&D 전체, 정부 기초연구개발사업, (과기부) 글로벌 프론티어 사업, (과기부) 과학난제도전 융합연구개발, (산업부) 산업기술 알키미스트 프로젝트, 한계도전R&D프로젝트

❑ 삼극특허

❍ 최근 5년('18'22년) 동안 기초연구단계에서의 삼극특허 성과 산출

- 「2022년도 정부 R&D 특허성과 조사·분석 결과보고서」에 의하면, 국내 정부 R&D의 국내 등록 특허 중 삼극특허 비율은 최근 3년간 모두 1.9%로 나타남

* 해외 주요국 진출 특허 비율(삼극특허, %): `20년(`16~`20) 1.9, `21년(`17~`21) 1.9, `22년 (`18~`22) 1.9

➟ 또한, '18년~'22년동안 기초연구단계에서 창출된 등록특허 건수 31,923개이며, 여기에 삼극특허 비율(1.9%)를 적용하면, 기초연구단계의 삼극특허는 약 606.5건으로 추정

- 「2022년 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」에 따르면, '18년~'22년 동안 연구개발단계 중 기초연구 단계의 투자 금액은 25조 2,872억 원으로 기초연구 투입예산(정부출연금) 대비 삼극특허 성과 창출 산출 시, 10억 당 0.024건 수준에 해당하는 것으로 확인

❍ 최근 5년('18~'22년)간 정부 R&D 투입액 10억 원당 삼극특허 산출

- 『2022년도 국가연구개발사업 조사·분석 보고서』에 따르면 '18년~'22년 국가 R&D 총 집행액은 119조 5,389억 원

- 『2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서』에 따르면, '18년~'22년 정부 R&D의 국내 등록 특허는 100,432개으로 정부 R&D 국내 등록특허의 삼극특허 비율은 1.9%임을 감안하여 1908.2개가 삼극특허로 추정

- 이를 환산 계산하면 정부 R&D 투입액 10억 원당 삼극특허는 0.016개로 확인

- 산업기술 알키미스트 프로젝트의 삼극특허 목표인 12건과 정부 기초연구사업의 삼극특허 건수를 반영하여 한계도전 R&D 프로젝트의 예산 10억 원당 삼극특허수 0.025개로 도전적으로 산출

❍ (목표) 동 사업 동안 삼극특허 목표 건수는 15건으로 설정

- (측정 방법) 연구 종료시점에 미국, 유럽, 일본 특허청에 모두 출원한 특허를 조사

* 측정근거 : 미국 특허청(USPTO), 유럽 특허청(EPO), 일본 특허청(IPO) 특허등록증

- (설정근거) 책임PM 1인당 1개의 삼극특허 확보

  * 최근 5년(`18~`22) 동안 기초단계 연구개발사업 예산 투자 대비 삼극특허 창출은 1,000억 당 2.4건, 전체 정부 R&D 사업의 경우 1,000억 당 1.6건으로 산출되는 것을 고려하면 동 사업의 목표치는 1,000억 당 2.6건으로 다소 도전적인 목표임

- 천억 원당 삼극특허 등록건 수를 비교하면 동 사업이 기초연구 및 전체 R&D, 삼극특허를 성과로 설정한 유사사업 대비 비해 비용효과적임을 확인할 수 있음

<표 7-47> 천억 원당 삼극특허 예산

사업명	삼극특허(추정)	예산대비(천억원당)
기초연구 (성과)	1,908건	1.6개
전체 R&D (`21) (성과)	606건	2.4개
산업기술 알키미스트 프로젝트 (계획)	12건	2.9개
▼		
한계도전 R&D 프로젝트 (목표)	15건	2.5개

❑ 우수특허 비율

❍ (목표) 동 사업을 통해 창출되는 특허의 등록까지 일반적으로 3년이 걸린다는 것을 고려하여 사업추진 4년차부터 목표치를 4.5%로 설정하고 연평균 2%씩 성장하는 것으로 설정

<표 7-48> 우수특허 목표비율

구분	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차
목표 비율	4.5%	4.59%	4.68%	4.78%	4.87%	4.97%	5.07%

- (설정근거) 정부 R&D 국내 특허성과의 우수특허 비율은 '22년 4.5%이며 본 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 년차에 따라 우수특허의 비율이 상승하도록 비율을 산정

  * 정부 R&D 국내 우수특허 비율*은 `20년(`16~`20년) 3.7%, `21년(`17~`21년) 4.3%, `22년(`18~`22년) 4.5%로 최근 3년 평균 4.2%이며, 동 사업은 도전적인 연구개발 사업임을 고려하여 4년차에 4.5%를 기준

- (측정방법) 당해연도 NTIS에서 검증되 특허등록 실적을 대상으로 SMART 질적지표 A등급 이상인 특허 측정

❑ 논문 성과의 우수성

❍ (설정 근거) 『2022년도 국가연구개발사업 성과분석 보고서』에 의하면, 정부R&D SCIE논문의 mrnIF는 68.51('22년)이며 그 중 기초연구에서 발생한 SCIE 논문의 mrnIF값은 69.22('22년)

  * 정부 R&D SCIE논문의 mrnIF 추이: (`21) 65.25 → (`22) 68.51
    기초연구 SCIE 논문의 mrnIF 추이: (`21) 68.68 → (`22) 69.22

➟ 동 사업과 유사한 도전·혁신형 R&D(과학난제도전 융합연구개발사업)의 논문 성과

우수성 목표는 80이었으며 해당 목표를 달성('21년)하였기에 동 사업 또한 유사한 수준의 목표 설정

* 과학난제도전융합연구개발사업의 `21년 논문성과 우수성은 목표치 80, 실적치 80.83으로 초과 달성하였으며, 2023년 자체평가보고서를 통해 발표

- (목표) 동 사업에서 창출될 것으로 예상되는 논문 성과의 우수성은 국가연구개발사업과 유사 도전·혁신형 R&D의 목표를 고려하여 80로 설정
- (측정 방법) 연구 종료시점에 성과관리시스템 상에 등록된 논문성과에 대한 최종 확인
- (정의 및 계산식) mrnIF = 100×(N×Rj+1)/N
  (N: 저널 j가 속한 JCR category의 저널 수, Rj: 저널 j가 속한 분야에서 저널j의 랭킹)

❑ 기술이전 금액

❍ (설정 근거) 동 사업과 유사한 국내 도전·혁신형 R&D사업(글로벌프론티어 사업)의 기술이전 건당 수입은 1.07억 원이며 기술이전 건수는 298건으로 기술이전 금액은 319억 원으로 산출됨('23년 글로벌프론티어 성과확산공유회)

- 글로벌프론티어 사업의 소요 금액(약 8,427억 원) 당 기술이전 금액은 10억 원당 0.37억 원으로 산출됨

❍ (목표) 동 사업의 연구비 투입 대비 기술이전금액 성과는 글로벌프론티어 사업보다 높은 10억 원당 0.4억 원으로 설정

- 사업 R&D 예산이 6,340억 원이므로 기술이전 금액은 253.6억 원으로 선출됨

❍ (측정 방법) 연구 종료시점에 기술이전 계약 금액 조사

<표 7-49> 연구비 10억원 당 예상 성과 비교

사업명	삼극특허 (10억원 당)	우수특허 비율 (전체)	mrnif 평균	기술이전 금액 (10억원 당)
정부 R&D 전체	0.016	4.2%	68.51	-
정부 기초연구개발사업	0.024		69.22	-
(과기부) 글로벌 프론티어 사업	-		-	0.37
(과기부) 과학난제도전 융합연구개발	-		80	-
(산업부) 산업기술 알키미스트 프로젝트	0.029		-	-
한계도전R&D프로젝트	0.025	5.07%	80	0.4

* 글로벌프론티어는 '23년 성과발표를기준으로 작성
* 산업기술알키미스트 프로젝트, 과학난제도전 융합연구개발은 '23년도 전략계획서 기준으로 설정

❑ 단일효과성 분석

❍ 동 사업은 원천기술개발 측면에서 기존의 양적성과지표에서 벗어나 도전·혁신적 성과를 평가하기 위한 질적 지표를 설정하였으며, 유사사업와 직접적인 비교가 어려워 단일 효과성을 도출하여 활용

<표 7-50> 동 사업 성과지표

성과지표	예상성과	단위	설정근거
특허 건수	450	건	• 연구과제 당 핵심특허 1건 및 보조특허 1~2건(평균 1.5건)을 출원하여 등록한다는 전제 하에 180개 연구주제에 대해 총 450건 등록 (2.5건/과제×180과제 = 450건) * 22년도 정부 R&D 등록특허 생산성(R&D 투입비용 10억 원당 등록특허 건수)은 0.63이며, 한국연구재단 국책연구사업의 연구개발비(연구활동+연구인프라) 10억 원당 국내 특허등록은 0.67건임을 고려할 때 본 사업의 경우 0.73건으로 도전적인 목표임.
추가 연구 창출 건수 (후속 투자 건수)	45	건	• 동 사업 동안 지원되는 연구주제의 수는 총 45개인 바, 각 연구주제별로 사회·경제적 파급효과를 가시화할 수 있는 후속 연계과제를 1개씩 창출 * 직접 비교는 어렵지만 중기부 R&D기획지원사업의 후속과제 선정률(18년 13.8%), 팁스과제-스케일업 팁스로의 연계율 45.1%임 등을 고려할 때, 후속연계과제 45개의 목표치는 동 사업의 전체 지원과제 수 대비 25%에 해당하는 바, 적정한 목표치로 판단함.
생태계 변화 촉진 (사업 만족도 조사)	90	점	• 최근 2년(`20~`21년) 국가 R&D 사업 중간평가 대상 사업의 만족도 조사 결과 평균 80.7점의 사업 참여자 만족도를 기록한 것을 고려
네트워크 건수	45	건	• 사업 기획 및 관리, 수행에 필요한 지식교류 협의회 및 플랫폼 구축은 자유롭고 도전적인 연구문화 정착에 도움이 됨에 따라, 책임PM을 통한 분야별 연구자 네트워크 구축, 교류를 지표로 설정하여 연구주제 당 1건씩 총 45개의 네트워크 구축
산학연 교류 건수	135	건	• 책임PM의 사업운영에 있어 방향성 수정 및 해당 분야 현장 의견수렴 등을 위한 산학연 교류는 필수적으로 수행되어야 하므로 연구주제 당 3회의 산학연 교류를 실시하여 총 135건을 수행하는 것으로 설정
글로벌 학회 세션 운영 건수	45	건	• 도전적 연구문화와 동 사업의 성과 홍보를 위해 해당 연구주제 관련 국내외 연구자들이 참여하는 글로벌 학회 위성 세션을 연구주제 당 1건씩 운영하는 것으로 하여 총 45건으로 목표 설정
우수 기술이전 건수	15	건	• 삼극특허의 경우 경제적 가치에 대한 기대가 높은 특허임을 고려하여 삼극특허가 우수기술이전으로 연계된다는 것을 전제로 삼극특허 목표건수를 우수 기술이전 건수와 연동하여 설정 * 표준성과지표(6차)에서는 계약금 기준 5,000만 원 이상의 기술이전 금액을 우수 기술이전으로 설정하고 있으나 본 사업은 변혁적 성과창출을 위한 도전적 사업임에 따라 선급금 기준 1억 원 이상 기술이전 건을 우수 기술이전 건으로 설정함.

성과지표	예상성과	단위	설정근거
新 기술시장 창출	15	건	• 동 사업의 책임PM은 변혁적 기술 확보를 통해 신 기술 시장을 창출하는 임무도 부여받고 있으므로, 책임PM 1인당 1건의 후속투자 유치를 목표로 설정 * 일본의 혁신도전형 사업인 ImPACT사업(총 사업비 5,268억원)은 사업 기간 중 또는 종료 후 15건의 후속투자를 유치한 바, 동 사업의 목표는 일본의 ImPACT 사업과 유사한 수준
연구책임자(PI) FWCI 증가율	50	%	• 동 사업 연구참여자들의 도전적인 연구 수행에 따른 역량 및 영향력 향상이 예측됨에 따라, 연구책임자(PI)의 FWCI 증가를 기대 * (참고) FWCI 1.0은 상위 30%, FWCI 1.5는 상위 20%, FWCI 2.4는 상위 10%에 해당
글로벌 미디어 노출 건수	5	건	• 과학기술계 글로벌 미디어에 본 사업의 성과가 게재되는 것은 혁신기술 실현을 파악할 수 있는 임팩트 있는 성과지표이자 매우 도전적인 목표로서, 연구 분야 당 1건씩 노출되는 것을 목표로 설정
지능적 실패 건수	10	건	• 실패를 용인하고 도전하는 사업에서 실패 혹은 마일스톤 변경 관련 데이터 축적은 이후의 과제 실패를 반복하지 않도록 하는 경험적 자산이 되는 바, 매해 1회 씩 총 10회 실시하는 것을 목표로 설정
변혁적 혁신기술 창출	9	건	• 동 사업 기간 중 45개의 연구주제 중 20%의 연구주제에서 변혁적 혁신기술을 확보하겠다는 도전적 목표를 설정
파급효과 발생 금액	6	조 원	• 최근 국내외 혁신 사례(모빌아이의 ADAS 시스템과 SAP Hana, 아이엠바이오로직스 IMB-101)를 분석 시 성과 당 파급효과가 2조 원대인 것을 근거로 하여 동 사업에서 창출될 것으로 기대되는 세계 최고 기술 3건을 대입하여 설정
우수 연구자 확보 건수	9	명	• 동 사업에서 도전적 연구문화를 경험하고, 이를 통해 혁신 성장하여 국내 과학기술계에 변화를 주도하는 연구원들이 다수 등장할 것을 기대 * 총 45개의 연구주제 중 20% 수준에서 우수 연구자가 확보될 것으로 목표치 설정

4절 파급효과 및 기대효과 분석

1 경제·사회적 파급효과

❑ 산업유발계수를 통한 경제·사회적 파급효과 분석 수행

❍ 산업연관분석은 생산 활동을 통하여 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량적으로 분석하는 경제분석기법으로 한국은행에서 작성된 2019년 산업연관표(연장표)를 이용하여 동 사업의 경제·사회적 파급효과를 분석

<표 7-51> 산업유발계수 관련 주요 설명

구분	주요 내용
생산유발계수	• 어떤 산업의 최종수요(소비, 투자, 수출 등)가 1단위 증가하였을 때, 해당 산업에서 최종수요를 충족시키기 위해 전 산업에 요구되는 생산액의 크기
부가가치 유발계수	• 어떤 산업의 최종수요가 1단위 증가하였을 때, 동 최종수요를 충족시키기 위해 전 산업에 유발되는 부가가치효과 크기
고용유발계수	• 10억 원의 재화를 산출할 때 직·간접적으로 창출되는 고용자 수, 노동력을 제공하고 급여를 받는 임금근로자 수를 계량적으로 표시
취업유발계수	• 생산의 파급과정에서 직·간접적으로 유발되는 노동량을 계량적으로 표시한 것으로 어느 산업부문의 최종수요 한 단위 생산에 필요한 노동량뿐만 아니라 생산파급과정에서 간접적으로 필요한 노동량까지 포함

❍ 동 사업의 경제적 파급효과 분석을 위해 산업연관표상 전문, 과학 및 기술 서비스(대분류)를 기준으로 분석을 수행하며, 사업의 투입 예산을 기준으로 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 고용 유발효과, 취업 유발효과 분석을 수행

<표 7-52> 전문, 과학 및 기술 서비스 분야 산업연관 계수

구분	생산유발계수	부가가치유발계수	고용유발계수 (10억원당)	취업유발계수 (10억원 당)
전문, 과학 및 기술 서비스	1.811	0.862	9.118	11.059

❑ 동 사업은 경제·사회적 패러다임을 바꿀 수 있는 과학기술적 파급효과가 매우 큰 변혁적 기술개발을 목표로 하고 있어, 산·학·연으로의 넓은 범위의 파급력을 기대

❍ 사업 시행을 통해 유발될 수 있는 생산유발액과 부가가치유발액은 12,222억 원, 5,818억 원으로 나타났으며, 고용유발은 6,154명, 취업유발은 7,464명으로 나타남

- 동 사업의 창출 성과는 타 산업 및 기술 분야로의 확산이 기대되는 변혁적 기술로 단순 예산 투입으로 도출된 파급효과보다 더 높고 넓은 범위의 파급효과가 기대됨

<표 7-53> 동 사업의 경제적, 사회적 파급효과

(단위: 억 원, 명)

구분	경제적		사회적	
	생산유발효과	부가가치유발효과	고용유발효과	취업유발효과
전문, 과학 및 기술 서비스	12,222	5,818	6,154	7,464

❍ 동 사업 연구개발과제에 참여하는 참여 연구원 수는 5,100명으로 산출되며 이는 '22년 우리나라 총 연구원 수의 1% 규모로 세계 최초·최고의 과학기술 개발을 위한 최적의 팀 구성에 어려움이 없을 것으로 예측

- 연구원들은 유연하고 자율적인 선진 R&D 연구 문화를 경험·수행함에 따라 기존 연구개발의 문제점으로 지적된 위험회피 문화, 관료주의, 단기성과 위주의 평가제도에서 벗어나 도전적인 아이디어 창출, 실패에 대한 관용 등을 동 사업 이후의 타 연구에서도 발휘하여 자율적이고 축적 지향적인 R&D 문화를 확산할 것으로 기대

- 사업 참여 연구원들은 일관적이고 수평적인 연구 문화에서 높은 역량을 들어낼 것으로 기대되며 이는 도전·혁신적 성과 창출로 이어질 것으로 예상

- 도전·혁신적 연구 문화 정착 및 확산은 연구원의 혁신성 향상과 도전성을 요구하는 연구로 인해 글로벌 협력 연구 및 국내외 연구원들의 교류 증가가 이루어질 것으로 기대

❍ 동 사업은 DARPA 모델을 벤치마킹하여 국가 현안 해결 및 미래 성장동력 확보를 위한 변혁적 기술개발과 도전·혁신형 연구개발 체계 구축을 목적으로 함에 따라 사업이 실패 가능성이 높으나 성공 시 파급력 높은 성과 창출을 목표로 수행됨

- 이에, 창출 성과는 경제·사회적 파급력 높은 기술일 것이며 혁신성 높은 도전적 연구로 실패한 과제에서도 과정의 축적을 통해 새로운 연구 및 과학기술로 발전할 가능성이 높음

- 10년('25~'34년)간의 연구 수행을 통하여 변혁적 성과 창출을 위한 연구 과정에 대한 데이터를 축적하고 관련한 타 사업 및 연계사업을 수행할 시 성공의 받침대로 활용 가능

  ➟ 성공한 사업만이 아닌 실패 과정에서 도출되는 연구 과정의 축적 활용을 통하여 실패를 반복하지 않는 효율성 발휘 기대

❍ 동 사업의 성과를 과학기술 발전의 마중물로 활용하여 다양한 과학기술 분야와 산업 분야 등에서 패러다임 전환이 일어날 것으로 예측되며 글로벌 시장 선도 및 기술 패권 경쟁에서의 우위 선점 예상

- 기존 과학기술계의 판도를 뒤흔들 수 있는 변혁적 성과 창출을 통하여 기술 트렌드 전환 수행과 이를 통한 국가 잠재성장률 및 경쟁력 제고

- 파급력 높은 기술의 확산을 통하여 국가·사회의 혁신성장을 촉진하고 정부에서 민간으로 이어지는 미래 혁신 성장동력 창출로 선순환적인 R&D 및 성과 확산 체계 구축

2 기대효과

❑ (과학기술적) 임무지향적 HRHR(High Risk High Return) R&D 수행을 위하여 실패를 용인하는 도전·혁신적인 연구개발 체계 구축 및 문화 정착

❍ 글로벌 난제 해결을 목표로 하는 도전적이고 명확한 연구테마(임무) 설정을 통한 R&D 수행으로 제도·행태적 고착에 당면했던 국가연구개발사업을 유연하고 선도적인 R&D 시스템으로 전환 기대

- 변화하는 글로벌 환경에 신속하게 대응하고 유연하게 변화할 수 있도록 하는 자율과 책임 기반의 연구관리 체계는 연구자들이 연구개발에만 몰두할 수 있는 연구 문화로의 패러다임 전환을 야기할 것으로 기대

➟ 성공 시 과학기술적 파급력이 높으나 실패 가능성 또한 높은 R&D 수행을 위하여, 실패 용인, 과정 중시 관리 체계 도입, 협의를 통한 연구 변경 등을 가능하게 하는 책임PM 주도의 연구 체계 도입 및 시스템 정착

➟ 책임PM 주도의 장기·유연한 연구관리 시스템을 통하여, 연구자들이 연구 본연의 임무인 '도전'을 수행하고 창의성을 발휘할 수 있는 도전적 R&D 환경이 조성될 것으로 기대

❍ 도전적 R&D 환경 조성 및 정착을 통하여 미래 경쟁력 확보를 위한 연구 축적의 선순환구조 구축하고 혁신적 아이디어 연구의 단절을 방지

- 변화하는 글로벌 환경에 빠르게 대응할 수 있는 연구체계 구축을 통하여 대내외 환경변화에 선제적 대응을 수행할 수 있는 과학기술적 역량 제고

- 실패를 용인하고 실패의 과정을 축적하며 타 사업으로의 연계 지원을 통하여 혁신을 위한 선순환 생태계 구축

- 또한, 기존의 단절적인 기초원천기술 공급 체계를 T2I(Tech to Impact)를 통한 선순환적인 성과확산 체계로 전환

❍ 변혁적 기술개발로 글로벌 기술 패권 경쟁 우위 선점 및 기존 연구개발 패러다임 전환을 통한 혁신생태계 구축

- 동 사업의 창출 성과는 과학기술적 파급효과가 큰 기술임에 따라, 타 산업 및 분야로의 확산을 촉진·지원하여 관련 산업 및 국가 전반의 경쟁력 향상과 패러다임 전환을 통한 글로벌시장 선도 기대

➟ 국가·사회적 문제, 글로벌 난제를 해결하기 위한 도전·혁신적 R&D 수행을 통하여 유관 분야의 성장을 함께 유도하고 새로운 분야로의 창출 기회를 확보

➟ 파급력 높은 성과 창출로 미래의 성장동력을 확보하고 핵심원천기술 개발을 통한 국가경쟁력 제고

❑ (사회적) 융합형 인재양성 및 전문가 네트워크 구축으로 과학기술 분야의 융복합 촉진

❍ 연구 분야의 전문가들과의 의사소통 역할을 수행하는 책임PM을 통하여 분야별 다양한 네트워크를 구축하고 급변하는 기술 트렌드에 맞춘 다양한 기술분야의 연구원으로 구성된 연구팀 운영으로 융합형 전문가 그룹 양성

- 책임PM은 다양한 방법론을 통한 목표 접근과 HRHR 사업을 이해하는 도전·혁신적 사고, 전문가 네트워크를 구축할 수 있는 의사소통 능력 등이 필요하며, 이를 위한 아카데미 운영으로 차세대 패러다임을 창출할 수 있는 핵심 인재 양성 기대

- 동 사업 참여연구원들은 목표 달성을 위해 다양한 방식의 접근과 목표 변경을 위한 협의 과정, 타 분야와의 다학제적 연구 수행을 통하여 역량의 지속적 향상과 새로운 아이디어를 창출할 수 있는 인재로의 성장 기대

❑ (정책적) 변혁적 기술 확보를 목표로 정부와 민간 역량을 결집하고 과학기술 선도국으로의 도약을 수행

❍ 실패 가능성이 높으나 파급효과가 큰 연구개발 수행을 위한 산·학·연 전문가들의 역량 결집과 연구 저변 확대 예상

- 변혁적 기술개발을 위한 선도형 R&D 체계 도입 및 정착은 정부와 민간의 역량 결집을 촉진하며 파급력 높은 성과 창출을 통하여 예산의 효율성 강화와 과학기술의 질적 성장 예상

❍ 기 추진 되었으나 기존 R&D 시스템 체계에서 수행됨에 따라 도전적 연구개발에 어려움이 있었던 타 혁신·도전 사업군의 마중물 역할로 활용 가능

- 책임PM 주도의 명확한 임무설정, 유연한 연구관리, 성과 관리 체계 등 동 사업의 혁신적 과학기술 시스템은 타 국가연구개발사업의 질적 성장과 체계 변화를 위한 발판으로 활용 가능

❍ 창의·도전적 연구환경 조성 및 실패를 용인하고 마일스톤 변경이 가능한 관리체계는 산·학·연 연구자들의 관심을 환기하여 선도형 R&D 확산의 가속화 기대

- 동 사업은 성공과 실패를 나누지않는 과정의 축적으로 자율적인 연구환경의 중요성을 국민 및 정부, 연구자들에게 인식시켜 도전·혁신형 R&D에 대한 전국민적 인식 개선 기대

별첨 자료

1. 한계도전 R&D 운영규정 훈령제정(안)
2. 한계도전 R&D 사업관리 매뉴얼(안)

관련 법령

1 한계도전 R&D 운영규정 훈령 제정(안)

한계도전 R&D 운영규정

제1장 총 칙

제1조(목적) 이 규정은「국가연구개발혁신법」제5조제3호,「과학기술기본법」제15조의2 및 「국가전략기술 육성에 관한 특별법」제20조에 따른 도전적 연구개발의 촉진, 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」제2조에 따른 기초연구 등에 따른 도전적 연구개발을 활성화하기 위해 연구개발혁신법 및 동법 시행령 각 조문의 예외규정을 동 사업에 적용하기 위한 사항과 관련 R&D 사업의 추진 및 운영에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “한계도전R&D”란 국가 현안, 경제, 산업 이슈 등과 관련한 기술적 난제 해결을 위한 기술개발 등 목표달성의 불확실성은 높으나 과제 수행 결과의 파급효과가 상당히 큰 연구개발로서, 과기정통부 장관이 인정하는 사업을 말한다.
2. “전문기관”이란 「국가연구개발혁신법(이하 “법”이라 한다)」제22조제2항 및 같은 법 시행령(이하 “영”이라 한다) 제49조제1항에 따라 지정된 한국연구재단을 말한다.
3. “한계도전 전략센터(이하 “센터”라 한다)”란 한계도전R&D를 기획 및 운영하기 위하여 전문기관에 설치되어 독립성을 가지고 운영되는 센터를 말한다.
4. “센터장”이란 한계도전 전략센터에서 한계도전R&D를 총괄 관리하는 자를 말한다.
5. “책임PM(Principal Program Manager)”이란 제2호의 전문기관에서 제1호에 해당하는 연구주제를 발굴하고, 기획하여 그 내용을 바탕으로 연구개발기관의 선정, 연구개발과제의 관리·평가 및 성과확산·사업화 등을 담당하는 책임자를 말한다.

제3조(적용범위) 이 규정은 다음 각 호에 대하여 적용한다.

1. 제2조제1호에 따른 한계도전R&D
2. 그 밖에 과학기술정보통신부장관이 인정하는 도전적 국가연구개발사업

제4조(다른 법령과의 관계) 이 규정은 한계도전R&D의 운영 및 관리에 대하여 적

용하며, 이 규정에서 적하지 않은 사항에 대하여는 「국가연구개발혁신법」 등 연구개발 관계법령을 따른다.

제2장 한계도전R&D 추진 체계 등

제5조(한계도전 전략센터) ① 한계도전R&D의 추진 및 총괄 운영·관리를 위하여 전문기관에 센터를 둔다.

② 과학기술정보통신부장관은 한계도전R&D 추진을 위해 필요한 재원을 전문기관에 지원할 수 있다.

제6조(센터장 및 책임PM의 업무 등) ① 센터장은 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 한계도전R&D 연구 분야 지정 및 기획·정책 수립 총괄·조정
2. 한계도전R&D 예산 배분방안 수립 총괄·조정
3. 한계도전R&D 평가 및 평가 관리 총괄·조정
4. 한계도전R&D 성과활용 및 사업화 촉진을 위해 필요한 사항
5. 그 밖에 한계도전R&D 운영을 위해 필요한 사항

② 책임PM은 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 한계도전R&D 연구주제 발굴 및 기획·정책 수립
2. 한계도전R&D 예산 배분방안 수립
3. 한계도전R&D 평가 및 평가관리
4. 한계도전R&D 진도점검 및 성과활용
5. 한계도전R&D 기술이전, 사업화 기획 및 네트워크 구축 등 사업화 촉진
6. 한계도전R&D 국제공동연구 여건 조성 및 글로벌 네트워크 구축
7. 그 밖에 소관분야 한계도전R&D 추진을 위해 필요한 사항

제7조(자율성의 보장) ① 과학기술정보통신부장관 및 전문기관의 장은 한계도전R&D 수행에 있어 센터장과 책임PM의 자율적 운영을 보장하여야 한다.

② 센터는 책임PM을 중심으로 한계에 도전하는 혁신적 성과 창출을 도모하고 유연하고 신속한 의사결정이 이루어지도록 운영하여야 한다.

제8조(시행계획의 수립) 과학기술정보통신부장관은 매년 한계도전 R&D 시행계획

을 수립하여야 한다.

제9조(주요사항 보고) ① 센터는 사업 및 과제의 기획, 평가, 관리 등에 대한 주요 의사결정 사항과 센터장, 책임PM 등의 주요 활동을 과학기술정보통신부장관에게 주기적으로 보고하여 한다.

② 과기정통부 장관은 필요한 경우 센터장, 책임PM 등의 주요활동과 연구개발과제를 신청하거나 수행중인 관계자 등의 활동에 관한 설명이나 의견을 직접 들을 수 있으며 필요한 조치를 실시할 수 있다.

제3장 과제 기획 · 관리 · 평가 등

제10조(연구개발과제기획 등) ① 책임PM은 담당 한계도전R&D 기술개발 수요, 기술예측, 연구동향 등을 조사・분석하여 발굴한 주제를 연구개발과제로 기획할 수 있다. 다만, 법 제9조제2항 단서 및 영 제7조제2항제3호의 "정책 추진을 위하여 필요한 분야의 전략적 육성"에 해당하는 것으로 보아 수요조사의 결과를 반영하지 않을 수 있다.

② 책임PM은 제1항에 따라 연구개발과제를 기획하기 위하여 패널토론, 발표회 또는 설명회 등을 통해 민간 및 전문가의 의견을 청취할 수 있다.

제11조(연구개발과제의 공모) 책임PM은 영 제9조제1항 단서에 따라 공고기간을 단축하여 공모할 수 있다.

제12조(연구개발기관의 선정) ① 책임PM은 연구개발과제의 신청 자격 등에 대한 사전검토를 실시하여 평가대상 여부를 결정한다. 이때, 연구개발과제를 신청한 연구개발기관은 자격조건의 사전검토 등을 위해 책임PM이 요청하는 사항에 대해 협조해야 한다.

② 책임PM은 제16조 제1항에 따른 연구개발과제 평가단의 평가결과를 바탕으로, 센터장과 협의를 거쳐 연구개발기관을 선정할 수 있다. 다만, 법 제9조제4항 단서에 해당하는 경우에는 지정 등 공모 외의 방법으로 연구개발과제와 이를 수행하는 연구개발기관을 선정할 수 있다.

제13조(협약의 체결 등) ① 책임PM은 법 제14조제5항에 따라 평가 결과를 통보한 날로부터 30일 이내에 연구개발기관의 장과 협약을 체결하여야 한다.

② 책임PM은 제1항에도 불구하고 연구수행 방법, 목표의 수정・보완・조정을 위해

연구책임자와 협의가 필요한 경우 평가 결과를 통보한 날로부터 30일을 초과하여 45일 이내에 협약을 체결할 수 있다. 이 경우 영 제13조제2항의 “특별한 사유”에 해당한다.

제14조(협약의 변경) ① 연구개발기관의 장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 중대한 사항을 변경하고자 할 경우에는 책임PM에게 사전 승인을 받아야 한다. 그 밖의 경미한 사항은 협약 당사자 간의 통보로 해당 연구개발과제 협약이 변경된 것으로 본다.

1. 연구개발기관의 추가·변경
2. 연구책임자
3. 연구개발 목표
4. 연구개발기간
5. 그 밖에 책임PM이 정하여 협약에 명시한 사항

② 책임PM은 연구개발 환경의 변화 등에 따라 필요하다고 판단하는 경우 연구책임자에게 제1항제1호 내지 제4호의 변경을 요구할 수 있다.

③ 제1항 및 제2항에 따른 협약의 변경은 책임PM이 협약 변경을 승인하거나, 협약 당사자가 통보하는 때에 그 효력이 발생한다.

제15조(진도점검 및 연구과제의 조정) ① 연구개발기관의 장은 연구개발계획서에 표시된 진도점검 시점 또는 책임PM의 요청이 있을 경우에는 진도실적보고서를 제출하여야 한다. 이때 연구개발환경 변화 등에 의한 목표 변경 등이 필요하다고 판단되는 경우에는 목표 변경 등을 위한 관련 자료를 함께 제출할 수 있다.

② 책임PM은 제1항에 따른 보고서를 제출받아 연구개발과제의 진도점검을 실시할 수 있고, 연구개발 목표 달성을 위해 필요하다고 판단하는 경우 연구책임자와 협의하여 수시로 진도점검을 실시할 수 있다.

③ 책임PM은 제2항에 따른 점검 결과에 따라 제14조제1항에 따른 연구개발과제의 목표 또는 내용을 조정하거나, 필요한 경우 제18조에 따른 특별평가를 실시하여 연구개발과제의 중단 여부 등을 결정할 수 있다.

제16조(연구개발과제의 평가) ① 책임PM은 수행 연구개발과제의 선정평가, 단계평가, 최종평가, 특별평가 실시를 위해 본인을 포함하여 평가단을 구성할 수 있다.

② 책임PM은 평가의 전문성을 제고하기 위하여 다음 각 호의 경우에는 영 제27조제4항에 따라 연구개발과제 평가위원의 제척기준을 완화하여 적용할 수 있다.

1. 연구개발 주제에 대한 전문성을 갖춘 연구자의 수가 제한적인 연구개발과제

2. 연구개발 목표의 난이도가 높아 보다 전문적인 평가가 필요한 연구개발과제

3. 연구개발 목표와 연관성이 높은 연구에서 우수한 성과를 낸 경험이 있는 연구자가 있는 연구개발과제

③ 책임PM은 서면평가, 패널평가, 발표회 평가 등 다양한 평가방식을 활용할 수 있고, 단계평가와 최종평가는 점수와 등급을 매기지 아니할 수 있다.

④ 영 제16조제3항의 경우에 해당하는 연구개발과제는 단계평가 또는 최종평가를 실시하지 아니할 수 있다.

⑤ 책임PM은 제1항에 따른 선정평가, 단계평가, 최종평가 결과에 관하여 설명회 등을 개최하여야 하며, 특별평가 결과는 중앙행정기관의 장에게 보고하여야 한다.

⑥ 제5항에 따른 평가결과는 법 제14조제4항 단서에 따른 “중앙행정기관의 장이 심의위원회의 심의를 거칠 필요가 없다고 인정한 경우”에 해당한다.

제17조(연구개발과제의 평가에 따른 조치) ① 책임PM은 단계평가에서 제시된 의견을 참고하여 다음 각 호의 하나의 조치를 취할 수 있다. 다만, 평가 의견을 반영할 필요성이 없거나 반영하기 곤란한 사유가 있는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 해당 연구개발과제의 다음 단계 연구개발계획 및 연구개발비의 조정

2. 해당 연구개발과제의 목표 또는 내용의 조정

3. 해당 연구개발과제의 중단

4. 그 밖에 평가단이 제안한 조치 사항 중 책임 PM이 필요하다고 판단하는 조치

② 책임PM은 최종평가 결과 우수한 성과에 대해서는 실용화 지원을 위한 타사업 및 후속사업 연계 등을 추진할 수 있다.

제18조(특별평가) ① 책임PM은 제15조제2항에 따른 진도점검 결과가 다음 각 호의 경우에 해당된다고 판단하는 경우에는 연구개발과제를 중단할 수 있다. 이 경우 책임PM은 특별평가를 실시하여야 한다.

1. 수행 중인 과제의 연구개발성과와 유사한 것이 이미 개발되어 추가적인 연구개발이 불필요한 경우

2. 이전에 예측한 연구개발 환경이 변경되어 추가적인 연구개발이 불필요한 경우

3. 과제의 연구개발 목표를 조기 달성한 경우

② 책임PM은 제1항제3호에 해당하는 연구개발과제 목표를 조기에 달성한 경우 연구개발기관의 장 및 연구책임자에게 연구개발과제의 중단을 요청할 수 있으며 이 경우 특별평가는 최종평가와 통합하여 운영할 수 있다.

제19조(이의신청) ① 제16조제1항 및 제18조제1항에 따른 평가결과를 통보받은 자는 이의가 있을 경우 평가결과를 통보 받은 날로부터 10일 이내, 1회에 한하여 이의신청을 할 수 있다.

② 책임PM은 법 제14조제7항에 따라 이의신청을 받은 날로부터 30일 이내에 연구개발과제평가단의 의견을 듣고 필요한 조치를 하여야 한다.

제4장 보칙

제20조(도전·혁신성을 위한 적극 조치) 한계도전R&D의 도전·혁신성 등을 감안하여, 관련 법령과 규정에서 명시한 금지 조항 이외의 명시되지 않는 사항은 센터장, 책임PM이 필요한 조치를 적극 취할 수 있다.

한계도전 R&D 사업관리 매뉴얼

2024. 4.

과학기술정보통신부

한 국 연 구 재 단

순 서

1. 개 관 1

1-1. 추진배경 및 필요성 1

1-2. 한계도전 R&D의 개념 1

1-3. 근거 및 목적 2

1-4. 적용대상 및 활용 2

1-5 관련 법령 및 용어 3

2. 추진체계 및 기본방향 6

2-1. 추진체계 6

2-2. 기본방향 7

3. 단계별 주요 고려사항 8

3-1. 사업(과제)기획 8

3-2. 선정평가 11

3-3. 진도점검 00

3-4. 단계평가 00

3-5. 최종평가 00

3-6. 협약변경 00

3-7. 특별평가 00

첨 부 00

1. 개 관

1-1 추진배경 및 필요성

□ 기존의 R&D 관리체계를 벗어나 책임PM 중심의 도전적 문제 정의와 연구자 주도의 다양한 접근방식을 통해 혁신적 성과를 창출하기 위한 한계도전 R&D 관리체계 정립

○ 연구 자율성 기반의 도전·혁신적 분야 R&D를 뒷받침할 연구지원 시스템 도입 필요

□ 한계도전 R&D의 특성과 목적에 부합하는 성과목표·지표를 적용, 타 사업과 차별화된 질적 성과 향상과 성과활용 촉진

○ 「제5차 과학기술기본계획」('23.6월)

○ 「국가 R&D 혁신방안」('23.11월)

○ 한계도전 R&D 추진계획('23.12월)

1-2 한계도전 R&D의 개념

한계도전 R&D 개념

국가·사회적 현안과 관련한 기술적 난제에 대하여 책임PM 주도로 문제를 정의한 것으로, 목표달성의 불확실성은 높으나 과제 수행 결과의 파급효과가 상당히 큰 연구개발

국 가	도전형 R&D 시스템 추진 현황
미 국	◆ 국방부 산하 R&D 기획 관리 조직 DARPA 설립을 통해 도전적 연구과제 기획·선정· 예산배분 평가 등 전주기에 대한 독립적 권한과 책임을 부여
영 국	◆ '23년 과학기술 패러다임 전환 및 기술 혁신을 목적으로 과학기술혁신부(DSIT) 부처 소속의 독립기관(Non Departmental Public Bodies)으로 운영되는 ARIA 설립
독 일	◆ '18년 연정협약에서 과학적 기술 혁신 촉진을 위한 새로운 정책 방향 언급 후 이를 토대로 SPRIN-D 설립했으며, '23년 기준 신개념 컴퓨팅 등의 과제 지원 중
일 본	◆ 미국의 성공사례를 벤치마킹한 高위험 과제 도전 목적의 ImPACT를 진행했으며, '19년부터 경쟁형 프로그램을 도입한 Moon-Shot 프로젝트에 착수

1-3 근거 및 목적

□ 근거 법령

○ 과학기술기본법, 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법

○ 국가연구개발혁신법, 동법 시행령 및 동법 시행규칙

○ 과학기술정보통신부 소관 과학기술분야 연구개발사업 처리규정(이하, 과기정통부 처리규정)

○ 한계도전 R&D 운영규정

□ 목 적

○ 한계도전 R&D 사업의 특성과 목적에 부합하도록 연구지원 제도 및 시스템을 개선하고 일관성 있게 운용함으로써 사업 관리의 신뢰성 확보와 예측 가능성 제고

○ 임무지향적 기획 및 연구목적·특성에 따른 맞춤형 평가 실시

○ 환경변화에 따라 연구방향을 수정할 수 있도록 하여 유연하고 민첩하게 과제 관리

1-4 적용대상 및 활용

□ 적용 대상

○ 과학기술정보통신부가 추진하는 한계도전 R&D 사업에 적용

□ 본 지침의 활용

○ 과학기술정보통신부가 추진하는 한계도전 R&D 사업의 기획·선정·평가·관리에 관한 사항은 본 매뉴얼에서 제시한 **절차**를 **적용**

- 단, 사업 또는 과제의 특성에 따라 필요한 경우 본 매뉴얼에서 제시한 기준과 절차를 **탄력적**으로 **적용 가능**

1-5 관련 법령 및 용어

□ 평가 참여 주체의 정의

○ (**전문기관**) 「국가연구개발혁신법」제2조 제4호에 따라 중앙행정기관의 장이 소관 국가연구개발사업에 대한 기획·관리·평가 및 활용 등의 업무를 대행하는 기관으로 국가연구개발혁신법 시행령 제49조에 의해 지정된 한국연구재단

- 한계도전전략센터 : 한계도전 R&D를 기획 및 운영하기 위하여 전문기관에 설치되어 독립성을 가지고 운영되는 센터
- 센터장 : 한계도전전략센터에서 한계도전 R&D를 총괄 관리하는 자
- 책임PM : 한계도전 R&D의 연구주제를 발굴하고 기획하여 그 내용을 바탕으로 연구개발기관의 선정, 연구개발과제의 관리·평가 및 성과확산 등을 담당하는 책임자

○ (**연구개발과제평가단**(이하, 평가단)) 연구개발과제의 선정평가, 단계평가, 최종평가, 특별평가를 수행하기 위해 책임PM이 구성하는 해당분야 전문가 그룹

□ 단계별 평가의 정의

○ (**선정평가**) 연구개발과제의 과학기술적 도전성, 연구계획의 적절성, 한계도전 R&D 사업 적합성 등을 평가하여 연구개발과제와 이를 수행하는 연구개발기관을 선정하는 활동

○ (**단계평가**) 해당 단계가 끝나는 때에 실시하는 평가로 연구개발과제의 마일스톤 달성 여부, 다음 단계의 연구개발과제 수행 계획 등을 단계보고서를 통해 평가하여 계속 지원 여부를 결정하는 활동

※ 과제별 특성을 반영하여 연구진행상황 및 애로사항 등을 검토하기 위해 수시로 단계평가 외 진도점검을 실시할 수 있음

○ (**최종평가**) 연구개발 기간이 끝나는 때에 실시하는 평가로 연구개발과제의 수행과정, 연구개발 성과 등에 대해 최종적으로 평가하는 활동

○ (**특별평가**) 부정행위 및 참여제한 등 특정 사유 발생 시, 해당 연구개발과제의 변경 및 중단 여부를 결정하기 위하여 평가하는 활동

※ 국가연구개발사업 관련 부정행위가 발생하거나 연구책임자의 참여제한 등이 확정되는 경우 등(근거: 국가연구개발혁신법 제15조)

□ 평가방법의 정의

○ (**서면평가**) 연구개발계획서 등 제출된 자료에 대한 평가자의 검토 후, 평가서를 작성

○ (**발표평가**) 연구개발계획서 등 제출된 자료와 연구개발과제 책임자의 발표 후, 연구개발과제 신청자와 평가위원 간 질의·응답을 바탕으로 평가서를 작성

○ (**온라인 평가**) 평가자가 평가를 위해 마련된 별도 공간에 모이지 않고 온라인시스템을 활용한 서면·발표평가를 통해 평가서를 작성

2. 추진체계 및 기본방향

2-1 추진 체계



2-2 기본 방향

◈ 기존의 R&D 관리체계를 벗어나 도전적 문제 정의와 연구자 주도의 다양한 접근 방식을 통한 혁신적 성과 창출의 기반 구축

○ **(임무지향형 연구)** 실패 가능성이 높으나 성공하면 사회·경제적 파급효과가 매우 큰 **임무중심형 연구개발**

방향 1	AS-IS	TO-BE
연구주제	점진적 연구를 통한 기술개발	미래 기술 패권 확보를 위한 변혁적 기술개발

○ **(전략성) 국가사회적 난제** 및 **기술적 한계 영역**을 발굴, ①문제 제기-②연구테마 발굴-③유연한 과제관리-④성과 활용의 흐름으로 이어지는 **국가 연구개발 시스템의 혁신**

방향 2	AS-IS	TO-BE
기획방식	'先 기술 ⇒ 後 목표'의 로드맵 방식	'先 목표 ⇒ 後 기술'의 전략성 강화

○ **(책무성)** 사업 관리의 재량권을 가진 책임PM(Principal Project Manager)이 기획부터 평가까지 **사업 전주기**를 **전문적으로 관리**

방향 3	AS-IS	TO-BE
PM역할	수동적 프로젝트 관리자	능동적 프로젝트 전주기 관리자

○ **(유연성)** 대내외 환경변화에 따른 연구방향 수정이 가능한 **유연한 과제 관리**

방향 4	AS-IS	TO-BE
과제관리	RFP에 명시된 목표·절차·시간 준수	책임PM 판단 하에 과제 목표·내용을 조정(pivoting)하는 유연한 과제 관리

3. 단계별 주요 고려사항

3-1 사업(과제)기획

□ 추진절차

추진 절차	주요 내용
연구테마 발굴	▪ 책임PM이 소관 분야에서 향후 경제·사회적 문제가 될 수 있는 이슈를 바탕으로 문제를 정의 ▪ 책임PM이 직접 또는 기술수요조사, 인적 네트워크 활용, 관련분야 전문가와의 인터뷰 등을 통해 연구테마 발굴
⇩	
의견요청서 (PIR) 접수	▪ 연구자에게 기획 추진방향을 공유 및 연구자 의견수렴 - 온라인(홈페이지 등)으로 산·학·연 의견 수집(2~4주 내외)
⇩	
기술제안 토론회	▪ 전문가 토론 및 현장 의견수렴을 통해 과제 기획 수정·보완·구체화 - 프로그램을 연구자들에게 설명하고, 예비 제안자(PIR 응답자)들의 발표 및 기술적 접근방법 토론 등을 통해 참가자들 간 파트너십 형성 기회 마련 (책임PM 선별 초청자 외 비공개)
⇩	
과제계획 요청서(PPR) 확정	▪ 기술제안토론회 이후, 책임PM이 작성한 과제계획요청서(PPR)에 대해 한계도전전략센터장과 협의하여 최종 확정
⇩	
신규과제 공고	▪ NTIS, 과기정통부, 재단 홈페이지 및 IRIS에 30일 이상 공고 - 응모 및 선정과제가 없거나*, 단독응모과제인 경우 원칙적으로 10일 이상 재공고 * 선정과제가 없는 경우, 과기정통부-전문기관 간 협의하여 재공고 가능

※ PIR(Project Information Request) : 의견요청서
PPR(Project Proposal Request) : 과제계획요청서

1 연구테마 발굴

ㅇ 국가 현안, 경제·사회 이슈와 관련한 기술적 난제 해결 목적의 임무 지향적, 도전적 문제(테마)를 정의

- 책임PM 주도하에 소관 분야에서 향후 경제·사회적 문제가 될 수 있는 이슈를 바탕으로 문제 정의, 연구테마 발굴

ㅇ 책임PM이 직접 또는 기술수요조사, 인적 네트워크 활용, 관련분야 전문가와의 인터뷰 등을 통해 연구테마 발굴

- 선정된 주제에 대한 깊은 분석을 통해 문제의 원인, 영향, 해결을 위해 필요한 접근방법 등을 정의하여 공지

2 의견요청서(PIR) 접수

ㅇ 연구자에게 기획 추진방향을 공유하고 의견요청서(PIR, Project Information Request) 접수를 통한 의견수렴

- 온라인(홈페이지 등)으로 산·학·연 전문가 의견 수집(2~4주 내외)

※ 제안된 의견은 한계도전전략센터 내부에서만 관리

3 기술제안토론회(Proposers Day)

ㅇ PIR 응답자 및 관련 분야 전문가 등을 책임PM이 선별 초청하여 토론 및 현장 의견수렴을 통해 과제 기획 수정·보완·구체화

- 프로그램을 연구자들에게 설명하고, 예비 제안자(PIR 응답자) 및 관련 분야 전문가와의 기술적 접근방법 토론 등을 통해 참가자 간 파트너십 형성 기회 마련

- 비공개로 진행하여 책임PM 선별 초청자만 참석 가능

4 과제계획요청서(PPR) 확정

ㅇ 기술제안토론회 이후 연구목표/연구내용 및 연구범위/성과목표 등을 명시한 과제계획요청서(PPR, Project Proposal Request) 구체화

- 책임PM과 한계도전전략센터장의 협의를 통해 PPR 최종 확정

5 신규과제 공고

○ 공고기간 및 방법

- 30일 이상 국가연구개발사업 통합정보시스템에 공고내용 게재 및 과기정통부·연구재단 홈페이지에 공고

◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제9조(연구개발과제 및 연구개발기관의 공모 절차)
◈ 한계도전 R&D 운영규정 제11조(연구개발과제의 공모)

※ 필요시 공고기간 단축 가능

○ 공고 시 포함 내용

- 연구개발과제의 목적, 지원내용 및 지원기간, 신청자격, 선정평가 기준 및 절차, 보안등급 및 기타 장관이 정하는 사항

◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제9조(연구개발과제 및 연구개발기관의 공모 절차)

○ 재공고 요건 및 기간

- 응모과제가 없거나, 단독 응모한 경우 원칙적으로 10일 이상 재공고

※ 단, 장관이 연구개발사업 추진의 시급성이 있다고 결정한 경우는 예외로 함

○ PPR 공개 후 선정결과 통보 시까지 책임PM과 신규과제 신청기관(연구책임자 등) 간 직접 질의·소통은 금지하며, 모든 소통은 한계도전전략센터를 경유

예비 과제신청자와의 소통 방식
○ 책임PM은 제안자의 독창적 아이디어를 본인의 아이디어로 대체 불가 ○ 책임PM은 제안자가 제공한 아이디어 또는 기술 솔루션에 대해 타인과 공유 불가 ○ 책임PM이 PPR 외의 목표, 요구사항 등의 정보를 한 제안자에게 제공하는 경우 다른 모든 제안자에게 같은 정보를 제공 - 홈페이지 공지사항 등을 통해 제공하거나 필요시 재공고 ○ 책임PM이 정부기관(부처, 출연연, 국공립대학 등)에 소속된 자와 소통하는 경우, 불공평한 경쟁우위를 줄 수 있는 정보 공유 금지

3-2 선정평가

□ 추진 절차

추진 절차	주요 내용
사전검토	▪ 과제목적 및 범위, 신청자격 적합여부 등 검토
선정평가	▪ 책임PM 주도하에 연구목적·특성에 맞는 평가방식으로 평가 실시 ▪ 평가위원의 제척기준을 완화하며, 책임PM 본인을 포함하여 과제평가단 구성 ▪ 사업특성에 따라 유연한 평가방식 적용 가능
최종선정	▪ 책임PM이 지원예산 규모 내에서의 연구개발비 조정, 과제 수정·보완사항 검토, 최종선정 대상과제 확정
결과통보	▪ 과기정통부 → 전문기관 → 연구개발기관 및 연구책임자 - 과기정통부에서 확정한 평가결과를 연구개발기관 및 연구책임자에게 통보
이의신청	▪ 이의신청기관 → 전문기관 ▪ 평가결과를 통보받은 날로부터 10일 이내 이의신청 ▪ 전문기관은 이의제기심사위원회 개최하여 심의 실시 및 결과보고
상세계획	▪ 책임PM ↔ 연구책임자 ▪ 중요 마일스톤, 방향성 등 세부사항 협의하여 결정
협약체결	▪ 전문기관 ↔ 연구개발기관 및 연구책임자 ▪ 상세계획 내용이 반영된 연구개발계획서 검토 후 협약체결

1 사전검토

○ 목적

- 전문기관은 선정평가 대상인 기관·단체·연구자가 국가연구개발혁신법 제32조제1항에 따른 참여제한 대상이 아니고, 혁신법 시행령 제9조제1항 및 사업별 공고문에 기재된 신청 자격 적합 여부 등을 확인하여 결격사유 해당과제는 평가대상에서 제외함으로써 평가의 공정성 및 효율성 제고

○ 검토대상

- 신청기관(연구책임자)의 자격, 과제구성 완료 여부, 신청관련 제반 서류* 제출 여부, 기관부담연구개발비 부담 기준 등 관련 법령 및 사업별 시행계획에서 정하고 있는 필수서류 포함

* '연구데이터관리계획(DMP; Data Management Plan)' 등 필수 제출 서류 포함

2 선정평가

○ 목적

- 연구개발계획서 등을 평가하여 지원대상 과제 또는 연구수행기관(연구수행 책임자)을 선정

○ 평가단 구성

- (구성원칙) 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 평가위원, 기술전문가(SME, Subject Matter Experts) 등으로 구성
- (상피제 미적용) 평가위원의 제척기준을 완화하여 구성
- 기타 사항은 책임PM과 센터장 협의를 통해 결정

◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제27조(연구개발과제평가단의 구성) 제4항
◈ 한계도전 R&D 운영규정 제14조 제1항 및 제2항

※ 이해상충이 있는 경우 평가위원에서 제외

○ 평가방법

- (기본방향) 책임PM 주도하에 연구목적·특성에 맞는 평가방식으로 평가 실시(서면평가, 토론평가, 발표평가 및 다단계 평가 등)

- 평가단 사전회의를 통해 책임PM이 평가단에 기획의도 및 평가 요령을 설명하여 평가위원이 과제 기획의도를 명확하게 인지하게 하고 이해충돌 관련 자기인증 실시

※ 과제신청기관이 책임PM의 원소속기관인 경우 한계도전전략센터장이 평가과정 모니터링 실시

이해충돌 유형
ㅇ 금전적 이해관계가 있는 경우 ㅇ 겉보기에 이해관계가 있다고 판단되는 경우

- 1차/2차 평가를 실시하는 경우 아래와 같이 진행

1차 평가	ㅇ 연구개발계획서와 함께 제출된 과제계획요약서(White Paper, 4-6페이지로 연구개발계획서의 내용을 요약)를 각 평가위원이 블라인드 평가를 통해 "추천/비추천" 의견을 제시 ㅇ 선정 기준은 책임PM의 과제 기획 의도, 과제 범위, 연구내용의 도전성과 적절성 등이며, 절대평가를 실시 ㅇ 평가위원의 의견을 참고하여 책임PM이 2차 발표평가 대상과제를 선정
2차 평가	ㅇ 평가위원은 연구개발계획서 전반을 평가하며 평가항목별 강점과 약점에 대한 평가의견을 서술. 위원별 절대평가를 통해 "추천/비추천" 의견을 제시 ㅇ 책임PM이 평가자로 평가하는 경우 개별 평가보고서 작성 ㅇ 책임PM은 평가위원의 의견을 참고하여 해당 과제의 수행연구자를 선정

- 평가기준에 따라 절대평가 실시(연구개발계획서 간 상대평가 미실시)
- 점수를 매기지 않을 수 있음

◈ 한계도전 R&D 규정 제16조 제3항

- 책임PM이 평가자로 평가하는 경우 개별 평가보고서 작성
- 평가위원은 연구개발계획서 전반을 평가하며 평가항목별 강점과 약점에 대한 설명, 추천/비추천 여부를 뒷받침하는 상세 내용을 평가보고서에 서술 후 책임PM에게 제출

※ 중복성 검토는 별도로 실시하지 않음

※ 해당시, 3천만원 이상 1억원 미만 연구시설·장비 구축계획의 타당성 심의

- 기술전문가(SME)는 책임PM이 지정·요청한 부분만 평가하고 기술전문가 평가보고서를 책임PM에게 제출

ㅇ 평가항목

- 책임PM이 분야/과제별로 별도 설계

<선정평가 평가항목(예시)>

평가항목	세부내용
과학기술적 도전성	- 기술 및 접근방식의 도전성, 혁신성(현 기술·지식 대비 한계 도전성, 기술적 화이트스페이스 진입 등) - 현 글로벌 선단 기술의 문제점에 대한 이해 및 제안기술의 독창성 - 제안 기술, 접근방식의 우수성에 대한 논리성
연구계획의 적절성	- 제안 목표, 기술적 접근방식의 명확성 - 최종 목표 달성을 위한 마일스톤의 적절성 - 연구수행 일정 및 예산 편성의 적절성 - 프로젝트 리스크 관리 계획(잠재 리스크 사전 분석 및 대응 방안)의 적절성
한계도전 R&D 사업 적합성	- 성공 시 임팩트(성공시 누구에게 어떤 영향을 주고자 하는가?) - 글로벌 과학기술 선도 가능성 (패러다임 선도 등) - 학제간, 산업간, 국내외 연구자간 협력
연구자의 우수성 (2차 평가 한정)	- 제안 프로젝트를 실행하기 위해 필요한 전문성과 경험

3 최종선정

○ 목적

- 평가결과 종합 등을 통한 연구과제 최종선정

○ 최종 결과보고서 작성

- 책임PM은 평가단의 평가결과가 충분하고 실질적인 검토 근거를 제공했는지 확인하고 선정평가결과서 작성
- 책임PM 외 평가단 전원이 비추천하는 과제의 경우 최종선정에서 제외
- 선정평가결과를 바탕으로 책임PM-한계도전전략센터장 간 협의를 통해 최종 선정 대상과제 확정

※ 당해연도 사업 예산 한도 내에서 연구개발비 조정, 과제 수정·보완사항 등 검토

4 결과통보

○ 평가단의 종합평가의견 등을 포함한 평가 결과를 연구개발과제 신청기관 및 연구책임자에게 통보

- 선정평가 결과에 대해 과제 신청자에게 피드백 제공(설명회 등)

◈ 한계도전 R&D 운영규정 제14조(연구개발과제의 평가) 제5항

- 피드백 제공 시 신청자의 연구개발계획서의 강점과 약점에 대해서만 논의 가능하며, 타 계획서의 정보 및 과제 선정률, 평가위원 정보 등은 미공개
- 피드백 종료 후 책임PM은 결과보고서 작성

5 이의신청

○ 목적

- 연구개발기관 및 연구책임자가 평가 결과에 대하여 이의가 있는 경우 소명의 기회를 부여하여, 공정성과 투명성 제고

○ 기본 절차

이의신청서 제출 (연구개발기관 → 재단)	**이의신청서 검토·확정** (이의제기 심사위원회)	**이의신청 결과 통보** (재단 → 연구개발기관)
평가 결과를 통보받은 날로부터 10일 이내	이의신청을 받은 날부터 30일 이내	개최결과 즉시 통보 (이의신청 타당성 검토결과)

○ 이의신청 기간

- 연구개발기관의 장은 평가 결과를 통보받은 날부터 10일 이내에 과기정통부장관 및 전문기관의 장에게 이의신청서 제출
- 전문기관은 이의신청을 받은 날부터 30일 이내에 관련 절차에 따라 심의를 실시하고 그 결과를 과기정통부에 보고

○ 이의신청 인정 범위

- 통보된 평가의견에 대해서만 이의신청을 받으며, 평가위원 선정, 연구개발비 조정, 평가 방법 및 절차 등에 관한 사항은 제외

○ 후속조치

- 재평가가 불필요하다고 판단된 경우, 검토결과를 연구개발기관과 연구자에게 통보

- 재평가가 필요하다고 판단한 경우, 평가 실시에 관한 기본사항을 연구개발기관과 연구자에게 통보하고, 재평가 절차 및 방법에 관한 구체적인 사항은 향후 일정 등을 고려하여 처리

◈ 국가연구개발혁신법 제14조(연구개발과제의 평가 등) 제6항 및 제7항
◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제30조(이의신청)

6 상세계획

○ 책임PM과 연구자 간 중요 마일스톤, 방향성 등 세부사항을 협의하여 상세계획 강화

- PPR에 제시된 목표 달성을 위해 적절한 성과목표를 제시했는지, 성과 달성을 위한 연구계획, 방법이 적절한지 등을 검토
- 책임PM은 제출된 제안서의 범위, 목표, 계획 등을 수정 요청할 수 있으며, 연구책임자와 연구개발기관은 그 요청을 수용해야 함

7 협약체결

○ 선정과제의 상세계획 이후 상세계획 내용이 반영된 연구개발계획서 검토 후 협약체결

3-3 진도점검

□ 추진 절차

추진절차	주요내용
진도점검 알림 (필요시)	■ 전문기관 → 연구책임자/연구개발기관
⇩	
진도점검 (컨설팅 실시)	■ 책임PM, 필요시 책임PM 결정하에 외부전문가 참여 가능 ■ 연구과제 진도 점검 및 실질적인 성과창출 지원을 위한 컨설팅 실시 - 시점별 계획 대비 연구 진행상황과 다음 연구계획, 이슈사항 등을 포함 ■ 책임PM과 연구책임자 간의 진도점검 결과 협의 및 다음 연구계획에 반영
⇩	
진도점검 결과보고	■ 진도점검결과보고서를 책임PM이 작성하여 내부 보고

1 진도점검 알림(필요시)

○ 연구책임자 및 연구개발기관에 진도점검 실시 알림

2 진도점검

○ 목적

- 연구의 진행상황 및 애로사항 등을 수시로 책임PM이 점검하고 애로사항 해결을 위한 컨설팅 중심으로 실시

○ 컨설팅단 구성

- (구성원칙) 책임PM이 과제별 맞춤형 전문가 위원회 구성

※ 국가연구개발혁신법 시행령 제27조(연구개발과제평가단의 구성) 준용

○ 점검방법

- 기존 계획 대비 연구 진행사항과 다음 연구계획, 이슈사항 등 점검
- 책임PM은 연구책임자와 진도점검 결과를 협의 후 필요시 다음 연구계획에 반영을 요구함

3 진도점검 결과보고

○ 진도점검결과보고서를 책임PM이 작성하여 내부 보고

3-4 단계평가

□ 추진 절차

추진절차	주요내용
보고서 접수	▪ 연구개발기관 → 전문기관 ▪ 단계별 연구 실적과 다음 단계 연구계획을 포함 * '연구데이터관리계획(DMP; Data Management Plan)' 및 실적 등 포함
단계평가	▪ 관련 분야의 전문가로 구성된 연구개발과제 평가단에 의한 평가 실시 (책임PM 포함 가능, 선정평가위원을 우선 선정) - 점수와 등급을 매기지 않을 수 있음
결과확정 및 통보	▪ 책임PM이 평가결과에 따라 연구개발과제 보완·변경·중단 및 다음 단계 연구개발비 조정 등을 결정 ▪ 과기정통부 → 전문기관 → 연구개발기관 및 연구책임자
이의신청	▪ 이의신청기관 → 전문기관 ▪ 평가결과를 통보받은 날로부터 10일 이내 이의신청 ▪ 전문기관은 이의제기심사위원회 개최하여 심의 실시 및 결과보고
연구계획변경 (필요시)	▪ 책임PM ↔ 연구책임자 ▪ 중요 마일스톤, 방향성 등 세부사항 협의하여 결정
협약체결	▪ 전문기관 ↔ 연구개발기관 및 연구책임자 ▪ 연구계획 변경이 반영된 연구개발계획서 검토 후 협약체결

1 단계평가

○ 목적

- 단계종료 시 프로젝트 진행과정, 마일스톤 달성여부 및 차단계 연구계획 등을 토대로 과제 진행 현황을 평가하여 과제의 계속 진행 여부를 결정하고, 계속 과제에 대해 성공적인 과제 수행을 지원

○ 평가단 구성

- (구성원칙) 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 관련 분야 전문가로 구성

- (기본방향) 평가의 연속성 제고 등을 위해 선정평가위원 우선 구성

※ 필요시 기술이전 및 사업화 전문가, 변리사 등 내·외부 전문가 그룹을 포함

- (상피제 미적용) 평가위원의 제척기준을 완화하여 구성

◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제27조(연구개발과제평가단의 구성) 제4항
◈ 한계도전 R&D 규정 제16조 제1항 및 제2항

※ 이해상충이 있는 경우 평가위원에서 제외

○ 평가방법

- (기본방향) 책임PM 주도하에 연구목적·특성에 맞는 평가방식으로 평가 실시(서면평가, 토론평가, 발표평가 및 다단계 평가 등)

- 책임PM과 연구자가 상세계획 단계에서 설정한 마일스톤의 달성 여부 평가

※ 해당시, 3천만원 이상 1억원 미만 연구시설·장비 구축계획의 타당성 심의

- 점수와 등급을 매기지 않을 수 있음

◈ 한계도전 R&D 규정 제14조 제3항

○ 평가항목

- 책임PM이 분야/과제별로 별도 설계

<단계평가 평가항목(예시)>

평가항목	세부내용
프로젝트 진행과정	- 새로운 시도와 그 증거 - 문제점 식별과 해결방법 및 그 결과 - 자료, 데이터 축적 현황
마일스톤 달성여부	- 진도점검 결과 이행 여부 - 단계별 성과의 질적 평가(결과 도출 실패 시 접근방식에 대한 재평가 및 분석의 적절성) - 연구과정 중 새롭게 파생된 결과물의 우수성
차단계 계획	- 연구계획의 타당성 및 적절성 - 프로젝트 리스크 관리 계획

2 결과확정 및 통보

○ 목적

- 평가결과 종합 등을 통한 과제의 계속 진행 여부에 대한 결과 확정

○ 단계평가 결과보고서 작성

- 책임PM이 단계평가결과서 작성 및 센터장과 결과 협의
- 당해연도 사업 예산 한도 내에서 연구개발비 조정, 과제 수정·보완 사항 검토, Go(계속 지원 과제)/No-Go(지원 중단 과제) 확정

○ 책임PM의 단계평가 결과보고서를 연구개발기관과 연구책임자에게 통보

- 단계평가 결과에 대해 연구책임자에게 피드백 제공(설명회 등)

◈ 한계도전 R&D 운영규정 제14조(연구개발과제의 평가) 제5항

- 피드백 제공시 연구책임자의 단계보고서의 강점과 약점에 대해서만 논의 가능하며, 평가위원 정보 등은 미공개
- 피드백 종료 후 책임PM은 결과보고서 작성

3 이의신청

○ 목적

- 연구개발기관 및 연구책임자가 평가 결과에 대하여 이의가 있는 경우 소명의 기회를 부여하여, 공정성과 투명성 제고

○ 기본 절차

이의신청서 제출 (연구개발기관 → 재단)	이의신청서 검토·확정 (이의제기 심사위원회)	이의신청 결과 통보 (재단 → 연구개발기관)
평가 결과를 통보받은 날로부터 10일 이내	이의신청을 받은 날부터 30일 이내	개최결과 즉시 통보 (이의신청 타당성 검토결과)

○ 이의신청 기간

- 연구개발기관의 장은 평가 결과를 통보받은 날부터 10일 이내에 과기정통부장관 및 전문기관의 장에게 이의신청서 제출
- 전문기관은 이의신청을 받은 날부터 30일 이내에 관련 절차에 따라 심의를 실시하고 그 결과를 과기정통부에 보고

○ 이의신청 인정 범위

- 통보된 평가의견에 대해서만 이의신청을 받으며, 평가위원 선정, 연구개발비 조정, 평가 방법 및 절차 등에 관한 사항은 제외

○ 후속조치

- 재평가가 불필요하다고 판단된 경우, 검토결과를 연구개발기관과 연구자에게 통보
- 재평가가 필요하다고 판단한 경우, 평가 실시에 관한 기본사항을 연구개발기관과 연구자에게 통보하고, 재평가 절차 및 방법에 관한 구체적인 사항은 향후일정 등을 고려하여 처리

◈ 국가연구개발혁신법 제14조(연구개발과제의 평가 등) 제6항 및 제7항
◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제30조(이의신청)

4 연구계획변경(필요시)

○ 단계평가 결과 기존 연구계획의 변경이 필요한 경우 책임PM과 연구자 간 중요 마일스톤, 방향성 등 세부사항 협의

- 차단계 목표 달성을 위한 적절한 성과목표 설정 및 목표 달성을 위한 연구계획의 적절성 검토

5 협약체결

○ 단계평가 의견 또는 연구계획변경 내용이 반영된 연구개발계획서 검토 후 협약체결

6 평가에 따른 조치

○ 평가 결과에 따라 해당 연구개발과제 보완·변경·중단 또는 차 단계 연구개발비 감액·증액 가능

- 유사 연구 성과가 이미 개발되었거나 연구환경이 변경되어 연구수행이 불필요한 경우* 과제중단이나 연구개발의 목표 변경 등 조치 가능

* 응용 및 개발단계 과제 관련 특허동향, 기술동향, 표준화동향 및 사업화 가능성 조사 결과 등

◈ 국가연구개발혁신법 제12조(연구개발과제의 수행 및 관리) 제3항
◈ 과기정통부 처리규정 제20조(평가에 따른 조치) 제2항
◈ 한계도전 R&D 운영규정 제15조(연구개발과제의 평가에 따른 조치)

- 연구개발과제 수행과정이 부적절하고 연구개발성과가 수행계획에 비해 매우 미흡한 경우 과제중단 및 제재처분 가능

3-5 최종평가

□ 추진절차

추진절차	주요내용
최종보고서 접수	■ 연구개발기관 및 연구책임자 → 전문기관 ■ 과제 협약 종료일 후 60일까지 최종보고서(평가용) 제출 * '연구데이터관리계획(DMP; Data Management Plan)' 및 실적 등 포함
⇩	
최종평가	■ 관련 분야의 전문가로 구성된 연구개발과제 평가단에 의한 평가 실시 (책임PM 포함 가능, 선정평가위원을 우선 선정) - 점수와 등급을 매기지 않을 수 있음
⇩	
결과확정 및 통보	■ 책임PM이 평가결과에 따른 후속조치 확정 ■ 과기정통부 → 전문기관 → 연구개발기관 및 연구책임자
⇩	
이의신청	■ 이의신청기관 → 전문기관 ■ 평가결과를 통보받은 후 이의신청이 필요한 기관은 통보 접수 후 10일 이내 이의신청 ■ 전문기관은 이의제기심사위원회 개최하여 심의 실시 및 결과보고

1 최종평가

○ 목적

- 과제 종료 시 과학기술적 성취, 연구과정의 지식화, 지식 확산의 전달 정도 등을 평가

○ 평가단 구성

- (구성원칙) 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 관련 분야 전문가로 구성

- (기본방향) 평가의 연속성 제고 등을 위해 선정평가위원 우선 구성

※ 필요시 기술이전 및 사업화 전문가, 변리사 등 내·외부 전문가 그룹을 포함

- (상피제 미적용) 평가위원의 제척기준을 완화하여 구성

◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제27조(연구개발과제평가단의 구성) 제4항
◈ 한계도전 R&D 규정 제16조 제1항 및 제2항

※ 이해상충이 있는 경우 평가위원에서 제외

○ 평가방법

- 연구개발성과의 성과발표회 형식으로 추진

- 점수와 등급을 매기지 않을 수 있음

◈ 한계도전 R&D 규정 제16조 제3항

- 필요시, 연구개발성과의 활용 현황 조사 및 추적조사 기반 마련을 위한 연구개발성과 활용계획에 대한 점검 가능

○ 평가항목

- 책임PM이 분야/과제별로 별도 설계

<최종평가 평가항목(예시)>

평가항목	세부내용
과학기술적 성취 (기술적 breakthrough)	- 현 기술의 고도화 및 진보 - 최종목표 달성 수준 - 임팩트 (경제, 상업적 가치, 기능성, 변화, 영향)
연구과정의 지식화	- 연구수행 과정의 적극적 공유 - 진도점검·단계평가 결과 이행의 성실도 등 - 목표 미달성 시 재도전 정도, 실패요인 분석의 적절성, 실패 공유 등
지식 확산과 전달	- 협력 및 융합연구 추진 내역 - 논문, 특허, 세미나, 워크샵 등 후속 연구에 끼친 영향 및 확산 정도 - 글로벌 커뮤니티 영향(관련 분야 국제학회 키노트 및 초청 강연, 수상 등)

2 결과확정 및 통보

○ 최종 결과보고서 작성

- 책임PM이 최종 평가결과서 작성 및 후속조치 확정

○ 책임PM의 최종평가 평가보고서를 연구개발기관과 연구책임자에게 통보

- 최종평가 결과에 대해 과제 신청자에게 피드백 제공(설명회 등)

◈ 한계도전 R&D 운영규정 제14조(연구개발과제의 평가) 제5항

- 피드백 제공시 연구책임자의 최종보고서의 강점과 약점에 대해서만 논의 가능하며, 평가위원 정보 등은 미공개

- 피드백 종료 후 책임PM은 결과보고서 작성

3 이의신청

○ 목적

- 연구개발기관 및 연구책임자가 평가 결과에 대하여 이의가 있는 경우 소명의 기회를 부여하여, 공정성과 투명성 제고

○ 기본 절차

이의신청서 제출 (연구개발기관 → 재단)		**이의신청서 검토·확정** (이의제기 심사위원회)		**이의신청 결과 통보** (재단 → 연구개발기관)
평가 결과를 통보받은 날로부터 10일 이내	⇨	이의신청을 받은 날부터 30일 이내	⇨	개최결과 즉시 통보 (이의신청 타당성 검토결과)

○ 이의신청 기간

- 연구개발기관의 장은 평가 결과를 통보받은 날부터 10일 이내에 과기정통부장관 및 전문기관의 장에게 이의신청서 제출
- 전문기관은 이의신청을 받은 날부터 30일 이내에 관련 절차에 따라 심의를 실시하고 그 결과를 과기정통부에 보고

○ 이의신청 인정 범위

- 통보된 평가의견에 대해서만 이의신청을 받으며, 평가위원 선정, 연구개발비 조정, 평가 방법 및 절차 등에 관한 사항은 제외

○ 후속조치

- 재평가가 불필요하다고 판단된 경우, 검토결과를 연구개발기관과 연구자에게 통보
- 재평가가 필요하다고 판단한 경우, 평가 실시에 관한 기본사항을 연구개발기관과 연구자에게 통보하고, 재평가 절차 및 방법에 관한 구체적인 사항은 향후일정 등을 고려하여 사업별로 결정하여 처리

◈ 국가연구개발혁신법 제14조(연구개발과제의 평가 등) 제6항 및 제7항
◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제30조(이의신청)

4 평가에 따른 조치

○ 평가등급별 후속조치 내용

- 최종평가 결과에 따른 인센티브 및 제재처분 등 후속조치는 과제 공고 등에 명문화하여 공개
- 최종평가 결과에 따라 가감점 부여 등 후속조치 가능
- 연구개발과제 수행과정이 부적절하고 연구개발성과가 계획대비 매우 미흡한 경우 극히 불량 등급 부여하여 제재처분 가능

◈ 국가연구개발혁신법 제12조(연구개발과제의 수행 및 관리) 제3항
◈ 국가연구개발혁신법 제17조(연구개발과제의 평가에 따른 조치) 제4항
◈ 과기정통부 처리규정 제20조(평가에 따른 조치) 제3항
◈ 과기정통부 처리규정 제14조(연구개발과제의 선정) 제3항 관련 [별표1] 연구개발과제 선정의 우대·감점의 기준 및 방법
◈ 한계도전 R&D 운영규정 제17조(연구개발과제의 평가에 따른 조치) 제2항
◈ 국가연구개발혁신법 제32조(부정행위 등에 대한 제재처분) 제1항
◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제59조(부정행위 등에 대한 제재처분) 제1항 관련 [별표6]

3-6 협약변경

□ 추진절차

추진 절차	주요 내용
신청서 제출	■ (주관)연구개발기관 → 전문기관 - 과제변경 및 중단신청서 제출
접수·확인	■ 전문기관에서 사항 검토 및 확인 - (경미한 사항) IRIS 시스템 신청 등을 통해 협약 변경 완료 - (중요한 사항, 연구개발비 변경 사전승인 대상) 전문기관 검토(책임PM 등)
검토·심의	■ 책임PM 또는 검토위원회가 변경 사유 및 내용의 타당성 등을 검토하여 인정 여부 결정(검토의견서 작성) - 책임PM이 변경사항에 따라 검토위원회 구성·운영 여부 판단 - 검토위원회는 책임PM 포함 내·외부 전문가로 구성
결과통보	■ 전문기관 → (주관)연구개발기관 및 연구책임자 - 보완 시 주관연구개발기관은 요구사항을 반영하여 재신청
결과보고	■ 전문기관 → 부처 - 협약변경 결과보고

<협약변경 유형>

유형	내용	책임PM 승인여부	부처보고 여부
중요한 사항	• 연구개발기관 추가·변경(주관·공동·위탁연구개발기관)	○	○
	• 연구책임자 변경(주관·공동·위탁연구책임자)	○	○
	• 연구개발 목표 변경	○	○
	• 연구개발기간 변경	○	○
	• 참여기업 변경	○	○
경미한 사항	• 연구개발과제의 추진 방법의 변경	-	-
	• 연구자(책임자 제외)의 변경	-	-
	• 연구개발기관의 연락처, 연구지원인력의 변경 등 과제수행에 영향을 주지 않는 변경	-	-
	• 연구개발비 사용에 대한 개괄적인 계획 변경(간접비, 연구수당 증액 제외)	-	-
	• 효율적이고 쉬운 연구수행을 위해 협약으로 별도로 정한 사항의 변경	-	-
연구개발비 사용계획	• 원래 계획에 반영되지 아니한 3천만원 이상 1억원 미만의 연구시설.장비를 새로 구입하려는 경우	○	-
	• 원래 계획에 반영된 건당 3천만원 이상 1억원 미만의 연구시설·장비를 변경하여 구입하려는 경우	○	-
	• 원래 계획에 반영된 건당 3천만원 이상 1억원 미만의 연구시설·장비를 구입하지 않으려는 경우	○	-
	• 연구시설·장비 구축을 주된 목적으로 하는 연구개발과제로 구축된 연구시설·장비를 원래계획에 따른 공간 외의 장소에 설치·운영하려는 경우	○	-
	• 연구개발비 총액 변경	○	○
	• 연도별 정부지원연구개발비 또는 기관부담연구개발비 변경	○	○
	• 간접비 총액 증액	○	-
	• 위탁연구개발비를 원래계획보다 20퍼센트 이상 증액하여 계상하려는 경우	○	-
	• 국제공동연구개발비를 원래계획과 다르게 변경하려는 경우(단, 환율의 변동만으로 금액이 달라지는 경우에는 제외)	○	-
	• 영리기관이 현금으로 계상하려는 인건비를 변경하려는 경우	○	-
	• 해당 단계의 연구개발비 중 직접비(현물은 제외)를 다음 단계의 연구개발비에 포함하여 사용하려는 경우	○	-
기타	• 명시되지 않은 기타 변경 사항	사안별 처리	

1 접수·확인

○ 연구개발기관에서 제출한 과제변경 및 중단신청서를 접수하고,

협약변경 유형을 확인하고 사항에 따라 처리

- 경미한 사항인 경우, 연구개발기관의 통보를 통하여 협약이 변경된 것으로 갈음
- 중요한 사항이거나 연구개발비 변경 사전승인 대상인 경우, 책임PM 또는 책임PM이 구성한 검토위원회 등이 검토

2 검토·심의

○ 책임PM 검토 또는 책임PM이 검토위원회 구성·운영이 필요하다고 판단하는 경우 검토위원회에서 검토

- 신청 사유 및 내용의 타당성 등을 검토하여 ① 인정, ② 불인정, ③ 보완 필요 결정(검토의견서 작성)
- 검토위원회는 책임PM을 포함하여 내·외부 전문가로 구성

3 결과통보

○ 협약변경 검토결과에 대해 연구개발기관 및 연구책임자에게 통보

- 보완 필요 시, 연구개발기관은 요구사항을 반영하여 재신청

4 결과보고

○ 부처 보고사항에 대해 협약변경 결과보고

<연구책임자 변경 사유 및 검토 기준>

구분			내용
변경사유	신분변동	퇴직·이직	• 재임용 탈락 등으로 인해 과제를 수행할 수 없는 경우(단, 징계 등의 사유로 인한 경우는 불인정)
			• 비정규직 연구원이 타 기관에 채용된 후 과제를 수행할 수 없는 경우
			• 연구개발과제 수행 및 관리를 하지 않는 국내기관으로의 이직 등으로 과제를 수행할 수 없는 경우
		공직임명	• 공공기관의 장(또는 임원) 및 공무원(국회의원, 장(차)관 포함) 등으로 임명되어 연구 수행이 제한된 경우
	사망, 질병, 육아 등		• 홍수, 지진 등의 천재지변, 화재, 폭발, 폭동, 소요, 동원령 선포, 전쟁의 위협 또는 존재, 사망, 불구, 폐질, 사고, 장기입원, 질병휴직, 출산·육아 등에 의하여 정해진 기간 내에 과제를 수행할 수 없는 경우
검토기준			• 변경 사유에 해당하는 경우라도 변경 후 연구책임자의 역량 등을 판단하여 과제 지속 여부 결정

3-7 특별평가

□ 추진절차

추진 절차	주요 내용
대상여부 판단	▪ 과기정통부(전문기관) - 특별평가 사유발생 확인, 과제변경 및 중단신청서 접수 - 특별평가 대상여부 결정(과기부와 전문기관 협의)
⇩	
특별평가 실시 통보	▪ 전문기관 → 연구개발기관 및 연구책임자 ▪ 특별평가 실시 통보 - 특별평가 실시 시기, 실시 사유, 소명 자료의 제출 시한, 특별평가에 따라 해당 연구개발과제가 변경·중단될 수 있다는 사실 등 통보
⇩	
특별평가	▪ 책임PM을 포함한 관련 분야의 전문가로 구성된 연구개발과제 평가단에 의한 평가 실시(선정평가위원을 우선 선정) ▪ 별도의 평가 기본계획에 따른 평가지표 및 항목 중심의 평가 실시
⇩	
전문기관 검토	▪ 전문가 평가결과 종합 ▪ 평가결과에 따른 후속조치(안)을 과기정통부에 보고
⇩	
평가결과 통보	▪ 과기정통부 → 전문기관 → 연구개발기관 및 연구책임자 - 과기정통부에서 확정한 평가결과를 연구개발기관 및 연구책임자에게 통보
⇩	
이의신청 (해당시)	▪ 이의신청기관 → 전문기관 - 평가결과를 통보받은 날로부터 10일 이내 공문으로 이의신청 ▪ 전문기관은 이의제기심사위원회를 개최하여 심의 실시 및 결과보고
⇩	
후속조치	▪ 확정된 평가결과에 따른 후속조치 실시

1 대상여부 판단

○ 특별평가 사유 발생 시 과제변경 및 중단신청서 접수

○ 특별평가 대상 여부 결정

구분	사유
중앙행정기관의 장이 특별평가 실시	① 연구개발과제의 수행 과정에서 국가연구개발사업 관련 부정행위가 발생한 경우 ② 연구책임자의 국가연구개발활동에 대한 참여제한이 확정된 경우 ③ 연구개발 환경이 변경되어 연구개발과제를 계속하여 수행하는 것이 불필요하다고 판단되는 경우 ④ 연구개발과제를 수행하는 연구자 또는 연구개발기관이 이 법 또는 협약에 따른 의무를 이행하지 아니하거나 연구개발과제를 계속하여 수행하는 것이 불가능하다고 인정되는 경우
중앙행정기관의 장이 연구개발기관 또는 연구책임자의 요청을 인정	① 연구개발 환경이 변경되었거나 연구개발과제 목표를 조기에 달성하여 연구개발과제를 계속하여 수행하는 것이 필요하지 아니하다고 판단되는 경우 ② 연구개발과제를 계속하여 수행하는 것이 불가능하다고 판단되는 경우

2 특별평가 실시 통보

○ 특별평가 대상인 경우, 특별평가 실시 시기, 실시 사유, 소명 자료의 제출 시간, 특별평가에 따라 해당 연구개발과제가 변경·중단될 수 있다는 사실 등을 연구개발기관 및 연구책임자에게 통보

3 특별평가

○ 목적

- 부정행위 발생 및 연구책임자의 참여제한 확정 등 법에 명시된 특정 사유가 발생한 경우, 특별평가를 통해 해당 연구개발과제의 변경 및 중단 여부를 결정

◈ 국가연구개발혁신법 제15조(특별평가를 통한 연구개발과제의 변경 및 중단)

○ 평가단 구성

- (구성원칙) 책임PM을 포함할 수 있으며, 책임PM의 재량하에 관련 분야 전문가로 구성

- (기본방향) 평가의 연속성 제고 등을 위해 선정평가위원 우선 구성

※ 필요시 기술이전 및 사업화 전문가, 변리사 등 내·외부 전문가 그룹을 포함

- (상피제 미적용) 평가위원의 제척기준을 완화하여 구성

◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제27조(연구개발과제평가단의 구성) 제4항
◈ 한계도전 R&D 규정 제16조 제1항 및 제2항

※ 이해상충이 있는 경우 평가위원에서 제외

○ 평가방법

- 별도의 평가 기본계획에 따른 평가지표 및 항목 중심의 평가실시
- 평가절차의 효율적 추진을 위해 특별평가는 단계평가 또는 최종평가와 통합하여 운영 가능

4 전문기관 검토

○ 특별평가 결과에 대한 종합 및 평가결과에 따른 후속조치(안)을 과기정통부에 보고

5 평가결과의 통보

○ 평가단의 종합평가의견 등을 포함한 평가 결과를 연구개발기관과 연구책임자에게 통보하고 이의신청 안내
- 평가위원별 평가의견은 제외

6 이의신청

○ 목적

- 연구개발기관 및 연구책임자가 평가 결과에 대하여 이의가 있는 경우 소명의 기회를 부여하여, 공정성과 투명성 제고

○ 기본 절차

이의신청서 제출 (연구개발기관 → 재단)	**이의신청서 검토·확정** (이의제기 심사위원회)	**이의신청 결과 통보** (재단 → 연구개발기관)
평가 결과를 통보받은 날로부터 10일 이내	이의신청을 받은 날부터 30일 이내	개최결과 즉시 통보 (이의신청 타당성 검토결과)

○ 이의신청 기간

- 연구개발기관의 장은 평가 결과를 통보받은 날부터 10일 이내에 과기정통부장관 및 전문기관의 장에게 이의신청서 제출
- 전문기관은 이의신청을 받은 날부터 30일 이내에 관련 절차에 따라

심의를 실시하고 그 결과를 과기정통부에 보고

○ 이의신청 인정 범위

- 통보된 평가의견에 대해서만 이의신청을 받으며, 평가위원 선정, 평가 방법 및 절차 등에 관한 사항은 제외

○ 후속조치

- 재평가가 불필요하다고 판단된 경우, 검토결과를 연구개발기관과 연구자에게 통보
- 재평가가 필요하다고 판단한 경우, 평가 실시에 관한 기본사항을 연구개발기관과 연구자에게 통보하고, 재평가 절차 및 방법에 관한 구체적인 사항은 향후일정 등을 고려하여 사업별로 결정하여 처리

◈ 국가연구개발혁신법 제14조(연구개발과제의 평가 등) 제6항 및 제7항
◈ 국가연구개발혁신법 시행령 제30조(이의신청)

7 평가에 따른 조치

○ 평가결과에 따른 후속조치

- 연구개발과제가 변경된 경우 협약을 변경하고, 연구개발과제를 중단하는 경우 최종보고서 제출 및 연구개발비 정산 요청 등 후속조치 실시