

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의 개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 이 종 호

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀하

본 보고서를 “도전·혁신 연구개발 생태계 정착을 위한 정책기획 연구”의
최종보고서로 제출합니다.

iris

2024. 02. 29.

연구기관명 : 고려대학교

연구책임자 : 성 창 모

연 구 원 : 박 주 이

연 구 원 : 홍 승 관

연 구 원 : 장 소 영

※ 연구기관 및 연구책임자, 연구원은 실제 연구에 참여한 기관 및 자의 명의임.

요약문

과제번호	RS-2023-00302223		연구기간	2023년 9월 1일 ~ 2024년 2월 29일		
과제명	(한글) 도전·혁신 연구개발 생태계 정착을 위한 정책기획 연구 (영문) Research on policy planning for establishing a challenge-innovation R&D ecosystem					
연구책임자 (주관연구기관)	성창모	참여 연구원수	총 4명	연구비	60,000천원	
요약						
본 연구는 도전·혁신형 연구개발(R&D)의 활성화와 이를 위한 유연하고 선도적인 시스템으로의 전환을 위해 필요한 정책 방향을 도출하는 것을 목적으로 한다. 전 세계적으로 시행되고 있는 도전형 및 혁신형 연구개발 프로그램들을 광범위하게 조사하고 분석하였다. DARPA, ARPA-E, ARPA-H, ARIA, SPRIND 등과 같은 해외의 선진 연구기관 사례를 중심으로 도전적 연구개발 과제 기획과 관리, PM 제도, 성과 평가 및 확산 방안, 글로벌 협력 전략 등에 대해 심층 분석을 실시하였다. 이를 바탕으로 국내 연구 생태계를 고려하여 한국의 실정에 맞는 도전·혁신 R&D 모델을 제안하였다. 한국형 도전·혁신형 R&D 모델은 선진 사례를 벤치마킹한 내용을 중심으로 프로그램, 제도 및 자원, 연구 환경의 세 가지 측면에서 핵심 요인을 구체화하여 도출하였다. 도전적인 목표 설정, R&D 기획·관리 고도화, 제도적 유연성, 혁신적 성과 평가 및 확산, 다학제적 협력, 위험 감수와 실패 수용, 혁신 중심 조직 문화 등이다. 이를 구현하기 위한 향후 과제 및 정책 방향을 1)책임 PM 중심의 기획·관리 시스템 구축, 2)자율성과 유연성을 갖춘 연구개발 환경 조성, 3)글로벌 협력 촉진 및 연구성과의 파급력 확보, 4)지속가능한 혁신 생태계 조성의 4가지로 제시하였다. 이는 도전·혁신형 R&D의 활성화와 혁신적 연구개발 환경 조성을 통해 기술적 패러다임 전환을 이끌어내고, 국민이 체감할 수 있는 가시적인 성과를 창출하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.						
비공개 사유			비공개 기간			

목 차

1. 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1) 연구의 목적	1
2) 연구의 배경	2
3) 연구의 필요성	6
1.2 연구의 내용 및 범위	8
1) 연구의 내용	8
2) 연구의 범위	9
3) 연구의 방법	10
2. 국내외 도전·혁신 R&D 현황 분석	11
2.1 글로벌 정책 동향	11
1) 과학기술혁신정책 동향 및 전망	11
2) 도전·혁신 R&D 활성화 정책 동향	13
2.2 주요국 도전·혁신 R&D 추진 현황	15
1) 미국	15
2) 영국	22
3) 독일	23
4) 일본	25
5) 기타	31
2.3 국내 추진 현황 및 여건	33
1) 국내 도전·혁신 R&D 추진 현황	33
2) 국내 도전·혁신 R&D 생태계 분석	38
2.4 분석 결과 및 시사점	42
1) 국내 도전·혁신 R&D의 한계와 극복방안	42
2) 도전·혁신 R&D 활성화를 위한 핵심 요소 및 고려사항	43

3. 도전·혁신 R&D 모델 분석 및 적용	45
3.1 프로그램 관리·운영체계의 차별성	45
1) 목표 설정	45
2) R&D 과제 기획 및 선정	49
3) R&D 과제 관리 및 진도점검	55
4) 운영 방식의 유연성과 효율성	59
3.2 프로그램 관리자(PM) 제도의 시스템화	60
1) DARPA의 ‘리더십’에 대한 인식과 PM의 특성	60
2) DARPA PM의 현황	63
3) DARPA PM의 자격과 책임	76
4) PM의 선발과 교육	79
5) PM의 성과 평가	82
6) 주요 혁신 연구기관의 PM 특성과 요구사항 비교	86
3.3 성과 확산과 전략적 국제협력	96
1) 성과 확산 전략	96
2) 국제협력 전략	106
3.4 한국형 도전·혁신 R&D 모델 제안	111
4. 도전·혁신 R&D 생태계 정착을 위한 정책기획	115
4.1 책임 PM 중심의 기획·관리 시스템 구축 방안	115
1) 책임 PM의 역할과 기능 정립	115
2) PM의 책임감 있는 결정을 위한 교육과 지원	118
3) 도전적 문제 발굴 및 혁신적인 R&D 과제 기획	129
4) 도전·혁신 R&D 관리의 원칙과 방향: 유연성과 애자일(Agile)	122
4.2 자율성과 유연성을 갖춘 연구개발 환경 조성 방향	123
1) 도전을 촉진하며, 신뢰할 수 있는 선정평가	123
2) 연구자 자율성 강화	125
3) 임무 중심 예산 체계 도입	127

4.3 글로벌 협력 촉진 및 연구성과의 파급력 확보 전략	128
1) 활발한 네트워킹 및 국제적 영향력 확장	128
2) 연구개발 성과를 사회적 가치 창출(미션)에 연결	131
3) 맞춤형 성과평가 체계 구축	134
4.4 지속가능한 혁신 생태계 조성을 위한 과제	136
1) 실패를 용인하는 연구 문화 정착	136
2) 도전형 인재 육성	137
3) 도전·혁신 R&D 전담 기구 설립	139
5. 결론 및 제언	140
5.1 토의 및 결론	140
1) 국내외 현황 분석의 시사점	140
2) 도전·혁신 R&D 모델 분석의 시사점	141
3) 도전·혁신 R&D 생태계 정착을 위한 정책 방향	142
5.2 향후 도전과제와 기대효과	144
참고문헌	148

표 목차

<표 1-1> 한국 R&D 문화에 대한 진단	5
<표 2-1> DARPA에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)	17
<표 2-2> ARPA-E에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)	19
<표 2-3> ARPA-H에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)	20
<표 2-4> ARIA에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)	22
<표 2-5> SPRIND에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)	24
<표 2-6> SPRIND에서 프로그램 제안서를 평가하는 포괄적인 가이드라인	24
<표 2-7> 일본에서 추진 중인 문샷형 연구개발제도 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)	26
<표 2-8> 국내 도전·혁신 프로젝트 R&D 비교	37
<표 2-9> 국내 도전·혁신형 R&D 투자 현황	38
<표 3-1> DARPA의 급진적 비전 및 목표 설정을 위한 기준	45
<표 3-2> DARPA RFI 예시	50
<표 3-3> DARPA BAA 섹션 구성	52
<표 3-4> DARPA PM의 의미에 대한 언급 사례	62
<표 3-5> DARPA PM 현황(2023.11.18. 기준)	63
<표 3-6> DARPA PM의 출신 현황(가장 최근 또는 주요 경력 기반 분류)	63
<표 3-7> DARPA BTO의 PM 현황 및 특징	65
<표 3-8> DARPA DSO의 PM 현황 및 특징	67
<표 3-9> DARPA I20의 PM 현황 및 특징	68
<표 3-10> DARPA I20의 PM 현황 및 특징(계속)	69
<표 3-11> DARPA MTO의 PM 현황 및 특징	70
<표 3-12> DARPA MTO의 PM 현황 및 특징(계속)	71
<표 3-13> DARPA STO의 PM 현황 및 특징	73
<표 3-14> DARPA TTO의 PM 현황 및 특징	74
<표 3-15> DARPA TTO의 PM 현황 및 특징(계속)	75

<표 3-16> DARPA PM의 성과 평가 지표	84
<표 3-17> 주요 혁신 연구기관의 PM 특성과 요구사항 비교	87
<표 3-18> ARPA-H에서 추진 중인 프로그램 개요와 PM 현황(2024.1. 기준)	93
<표 3-19> ARPA-E PD 자격요건	95
<표 3-20> 한국형 도전·혁신 R&D 모델	114
<표 4-1> 책임 PM 제도의 장점	115
<표 4-2> 도전·혁신형 R&D 과제 선정평가를 위한 정성적 지표(안)	124
<표 4-3> 연구수행 과정 점검 질문 예시(Critical Questions)	126
<표 4-4> 도전·혁신형 R&D 성과평가 지표 예시	134
<표 5-1> 도전·혁신 R&D 프로젝트 추진시 예상되는 위험 요인과 극복 방안	145



그림 목차

<그림 2-1> 과학 출판물의 양국 간 협업 강도 추이, 1996~2021년	12
<그림 2-2> 미국과 중국의 상위 15개 협력 분야	13
<그림 2-3> ARPA-H BAA 사례	21
<그림 2-4> 한계도전 R&D 추진 전략	33
<그림 2-5> 위험·고성과 R&D 프로젝트 지원 구조 및 규모	34
<그림 2-6> 한국형 ARPA-H 프로젝트 개요	34
<그림 2-7> 혁신도전프로젝트 추진 절차	35
<그림 2-8> 과학난제도전융합연구개발사업 개요	35
<그림 2-9> 알키미스트 프로젝트 추진 절차	36
<그림 2-10> 미래도전국방기술개발사업 개요	36
<그림 2-11> 우리나라 총 연구개발비 및 GDP 대비 연구개발비 비중 추이	38
<그림 3-1> 일본 문샷형 연구개발제도의 문샷 목표	46
<그림 3-2> 급진적 혁신을 위한 기술의 부분적 비전수립 과정(Carleton, 2010)	47
<그림 3-3> PM이 아이디어를 발굴하여 프로그램으로 개발하는 과정	48
<그림 3-4> DARPA의 프로그램 개발에 영향을 미치는 혁신주체	49
<그림 3-5> 하일마이어 카테키즘	51
<그림 3-6> DARPA BAA 예시	53
<그림 3-7> 미국 DARPA의 과제 기획 프로세스	53
<그림 3-8> 미국 DARPA PM의 연구자 소통과 과제 관리 사례	57
<그림 3-9> 오른쪽의 휴대용 10파운드 수신기라는 임무 목표를 위해 구축된	58
<그림 3-10> DARPA PM의 출신 현황	63
<그림 3-11> DARPA PM 선발 공고문	80
<그림 3-12> DARPA PM의 성과 평가 템플릿	85
<그림 3-13> ARIA PD 선발 공고문	89
<그림 3-14> SPRIN-D IM 선발 공고문과 신청	90

<그림 3-15> SPRIN-D IM의 프로그램 소개 사례	91
<그림 3-16> ARPA-H의 PM 선발 공고문	93
<그림 3-17> ARPA-E의 PD 선발 공고문	95
<그림 3-18> DARPA의 지원을 받은 주요 연구성과 및 타임라인(출처: DARPA CONNECT) ..	96
<그림 3-19> DARPA의 협력 네트워크(출처: DARPA CONNECT)	97
<그림 3-20> DARPA Open Catalog 사례	99
<그림 3-21> DARPA의 SBIR/STTR 프로그램의 구조(출처: DARPA CONNECT)	100
<그림 3-22> DARPA 컨퍼런스 예시	101
<그림 3-23> ARPA-E의 주요 성과 확산(출처: ARPA-E 홈페이지)	102
<그림 3-24> MTO의 마이크로일렉트로닉스 기술 프로그램을 위한 SETA의 분기기술보고서(1992) ..	104
<그림 3-25> ARPA-E 서밋 국제 컨퍼런스 사례(출처: ARPA-E 서밋 홈페이지)	109
<그림 3-26> 국가 R&D 프로젝트 결과에 영향을 미치는 요인(Nagesh and Thomas, 2015) ..	112
<그림 4-1> 도전·혁신 R&D 책임 PM의 역할과 기능의 요약	117
<그림 4-2> Nature Dimensions AI 활용 빅데이터 분석 예시	121
<그림 4-3> 연구성과 파급경로 분석 사례(한국지질지원연구원 사례)	132

1 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 도전·혁신형 R&D를 활성화하고, 유연하고 선도적 R&D 시스템으로의 전환을 위한 정책 방향 및 전략을 도출하는 것임
- (도전적이고 혁신적인 연구개발 환경을 위한 국내외 정책 동향 분석) 다양한 국가와 기관에서 추진되는 도전형 및 혁신형 연구개발 프로그램들을 살펴보고, 어떤 전략과 방법을 사용하여 도전과 혁신을 장려하는지 분석함
- (도전·혁신형 R&D 활성화를 위한 제도적 기반 마련) 실패를 두려워하지 않는 연구문화를 조성하고, 고위험 혁신형 도전적 연구를 장려하는 제도적 기반을 마련하고자 함
- (유연하고 선도적인 연구개발 시스템 구축) 현재의 제도적, 문화적 한계를 극복하고, 유연하게 변화하는 연구 환경에 대응할 수 있는 선도적인 연구개발 시스템을 구축하는데 기여하고자 함
- (정책 방향 및 전략 도출) 분석과 제안을 통해 도전과 혁신을 장려하고 지원할 수 있는 새로운 정책 방향을 도출하고자 함
- (실패를 통한 학습 및 성장 촉진) 실패를 통해 배우고 성장하는 과정을 격려하고, 이를 통해 도전적인 아이디어와 혁신적인 기술 개발을 촉진하는 환경을 조성하고자 함
- 본 연구는 도전·혁신형 연구개발 프로그램의 현황과 다양한 선진 R&D 모델을 폭넓게 조사하고 분석함으로써, 한국에서 도전·혁신적 R&D 생태계를 정착시키는 데 필요한 정책 방향과 전략을 제시하는 것을 목표로 함

2) 연구의 배경

- 세계 주요국은 VUCA(Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity)의 시대를 맞아 혁신의 돌파구(breakthrough) 창출을 위해 도전적·혁신적 연구개발에 대한 지원을 강화하고 있음
- 세계 각국은 새로운 패러다임의 연구와 개발을 추진하고 있으며, 이러한 변화의 중심에는 고위험-고보상(High risk-High Reward)을 추구하고 기술적 한계를 돌파하는 연구 방식인 '도전·혁신형 R&D'가 있음
 - 이는 기존의 점진적인 발전보다는 혁신적인 아이디어와 기술을 통한 돌파구를 마련하고자 하는 전략으로, 기존의 안전한 접근 방식을 넘어서는 대담한 시도와 실험을 포함함
 - 이를 통해 예측 불가능한 시장 변화와 급변하는 기술 환경 속에서 새로운 기회를 포착하고, 장기적인 지속 가능한 성장을 도모할 수 있을 것으로 기대되고 있음
 - 이와 더불어, 미국, 영국, 유럽, 일본 등은 도전·혁신형 R&D를 촉진하기 위한 정책적 지원과 인프라 구축에도 주력하고 있음
 - 정부의 재정적, 정책적 지원뿐만 아니라, 학계와 산업계 간의 협력을 촉진하고, 혁신적 아이디어를 상업화할 수 있는 경로를 마련하는 것이 중요함
 - 이러한 노력은 연구개발의 효율성을 높이고, 장기적인 경제적 성과로 이어질 수 있는 기반을 마련할 것으로 기대됨
- 세계 각국이 도전적·혁신적 연구개발에 대한 지원을 강화하는 가운데, 이러한 접근의 대표적인 예로 미국의 국방고등연구계획국(DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency)를 들 수 있음
 - DARPA는 미국 국방부 산하의 기관으로, 높은 위험도와 혁신적인 연구를 추진하는 것으로 잘 알려져 있으며 1958년 설립된 이래, DARPA는 '도전적이고 혁신적인 기술'을 개발하는 데 중점을 두어 왔음
 - DARPA의 목표는 미국의 국방 기술적 우위를 확보하고, 예상치 못한 도전에 신속하게 대응할 수 있는 기술을 개발하는 것임
 - DARPA의 연구개발 접근 방식은 기존의 경계를 넘어서는 혁신을 추구하는데, 이는 단순히 기존 기술의 개선이 아닌, 전혀 새로운 아이디어와 방법론을 통해 '게임 체인저'가 될 수 있는 기술을 개발하는 것을 목표로 함
 - DARPA의 도전적이고 혁신적인 연구개발 프로그램은 기존의 과학기술 경계를 넘어서 새로운 기술적 돌파구를 창출하려는 목표를 가지고 있으며 DARPA는 인터넷, GPS, 자율주행차 등 많은 획기적인 기술을 탄생시켰음

- **(패러다임 전환)** 이런 프로그램들은 기술적 한계 돌파 뿐 아니라, 전반적인 연구 및 기술의 패러다임 전환을 이끌어내는데. 즉, 새로운 방식의 연구 방법론, 관리 체계, 기술 확산 방법 등을 제안하며, 이를 통해 기존에 고착화된 패턴을 바꾸는 데 기여함
- **(경제적, 사회적 가치 창출)** 단기적인 경제적 이익을 넘어, 장기적인 사회적 가치를 창출하는 데 초점을 맞추고 새로운 기술은 새로운 산업을 만들어내고, 사회적 문제를 해결하며, 일자리를 창출하고, 국가 경쟁력을 높이는 등의 효과를 가져옴
- 미국 DARPA는 관여한 사업이 3년 내에 실용화 된다면 실패한 사업으로 간주할 정도로, 야심차고 어렵지만 혁신적인 R&D를 추구하며 즉각적으로 가시적인 성과를 낼 수 있는 과제는 지원하지 않는 것으로 알려져 있음
- DARPA는 전통적인 연구개발 방식과 다른 여러 가지 특징을 지니는데, 첫째, 고위험-고보상의 프로젝트에 집중하며, 실패를 두려워하지 않는 문화를 가지고 있음
- 둘째, 빠른 실험과 프로토타입 개발을 중시하며, 성공적인 결과를 얻을 경우에만 추가 자금을 지원함. 셋째, 학계, 산업계, 정부 기관 간의 협력을 통해 다양한 전문 지식과 리소스를 결합하는 것을 특징으로 함

□ 이러한 DARPA의 성공적인 모델에 영감을 받아 주요국은 다양한 분야에서 이와 유사한 연구 기관을 설립하고 있음

- 2022년 3월 미국 바이든 행정부는 인류의 난제인 암 정복을 위한 캔서 문샷(Cancer Moonshot) 프로그램을 강화한다는 계획과 함께 'ARPA-H (Advanced Research Projects Agency for Health)' 설립을 추진함
- 일본은 2014년부터 DARPA 모델을 벤치마킹한 고위험 혁신적 연구개발 추진프로그램(ImPACT)을 추진하여 초빅데이터 처리시스템, 합성개구레이더(Synthetic Aperture Radar) 위성 개발 등의 성과를 창출하였고 최근에는 이를 확장하여 '문샷형 연구개발제도'를 추진 중임
- 영국은 DARPA를 벤치마킹하여 도전적 혁신연구 예산 지원 기관인 '고등연구발명국(Advanced Research and Invention Agency, ARIA)'을 신설함
- 독일도 신속한 기술 개발과 시장 변화형 혁신을 지원하기 위해 '과괴적 혁신을 위한 연방기구(Federal Agency for Disruptive Innovation, SPRIN-DI)'를 설립함
- 이러한 사례는 각각의 국가가 직면한 도전적인 문제들에 대응하고, 기술발전의 한계를 뛰어넘는 혁신적인 해결책을 찾고자 하는 강력한 의지를 반영하고 있음

- 우리나라도 추격형(Fast Follower) 방식에서 벗어나 R&D 시스템과 문화·생태계의 대혁신이 필요한 시점이라는 데에 많은 공감대가 형성되었으며, 도전·혁신 연구개발 생태계 정착을 위한 논의가 활발히 진행 중임
 - 기술 선도국으로 도약하기 위해 도전적 연구개발 지원을 강화하여 기술 혁신의 원천을 창출할 필요성이 증대되고 있으며, 누구도 시도하지 않아 선례가 존재하지 않거나 답이 어디 있는지 모르는 미지의 영역을 개척함으로써 새로운 혁신의 동력을 확보할 필요가 있음
 - 도전·혁신형 R&D의 성공적인 현장 착근을 위해서는 새로운 연구개발 체계의 구축, 새로운 평가 방식의 도입, 새로운 기술 확산 방법의 마련 등 많은 준비가 필요한 실정임
- 그러나 여전히 한국의 연구개발 시스템이 장기적이고 근본적인 연구보다는 단기적 성과와 정부의 정책 방향에 좌우되는 경향이 있음¹⁾
 - (높은 성공률) 한국의 정부 연구개발 과제의 성공률이 매우 높은 것(연간 5만 건 이상의 과제 중 98%)은 연구자들의 탁월한 역량 때문이 아니라, 선진국의 기초과학 연구 성공률(30% 이하)에 비해 상대적으로 쉬운, 안정적인 연구 과제를 선택하기 때문인 것으로 분석됨²⁾
 - (기초원천 연구 미흡) 한국의 연구개발 역사는 기초(원천) 연구에 대한 경험 이 부족하며, 주로 경제 발전을 위한 도구로서의 연구개발에 초점을 맞추고 있어, AI 등의 핵심원천기술에 대한 깊이 있는 연구개발이 미흡한 실정임
 - ('유행기술' 연구) 정부의 정책 방향에 맞춰 연구 과제를 신청하고 추진하는 경향이 있으며, 정부가 바뀔 때마다 연구 주제의 변경이 빈번하게 일어남
 - 예를 들어, 정부(정권)가 바뀌면 연구주제도 변경되는 경향이 있고(예: 녹색산업 → 창조산업 → 4차 산업혁명 등) 최근에는 '제4차 산업혁명'과 같은 키워드가 들어야 연구비 수주가 수월해지는 등의 문제가 있음
 - (실패를 두려워하는 연구문화) 리스크 회피와 안정적인 연구를 선호하는 경향이 있어 기존의 학문적 풍조와 패러다임 안에서 안정적인 연구에 초점을 맞추며, 실패를 두려워하는 문화로 인해 혁신적인 연구가 억제됨

1) 연구진은 도전·혁신 R&D 생태계 정착을 위한 정책기획 연구의 일환으로, 2024년 1월 31일 과학기술 정책 전문가 토론회를 개최하여 기존 R&D 체계의 문제점과 개선방향에 대한 전문가 의견수렴을 실시하였으며, 해당 내용을 바탕으로 본 보고서를 작성함

2) [보도자료] 더 피알(2023.7.2.10). "국가R&D 성공률 100%? 기획된 성공에는 혁신이 없다" <http://www.the-pr.co.kr/news/articleView.html?idxno=50222>

- 안정적인 연구와 단기적인 성과 창출에 중점을 두어, 차기 연구비 선정 평가에서 불이익을 받지 않으려는 경향이 있음

〈표 1-1〉 한국 R&D 문화에 대한 진단

구 분	주 요 내 용	비 고
하마구찌 이사장	- 일본의 노벨과학상 수상자들이 결코 많은 연구비에 의해서만 노벨상을 수상한 것은 아님 - 노벨상 수상에는 오히려, 장기적·안정적이고 자유로운 연구 풍토가 훨씬 더 중요	Science Summit (2015, 10, 대전)
루트벤스타인 교수 (미시간대학)	- 한국에서는 연구 프로젝트의 98%가 성공한다는 것이 문제임 - 연구는 90% 이상 실패해야 정상이며 실패해도 여전히 호기심을 가질 수 있는 환경이 갖춰져야만 창의적인 과학적 발견이 나올 수 있음	서울포럼 2019
루오프 교수 (IBS)	- 기초과학 연구를 꽃 피우려면 반드시 장기적·일관성 있는 연구비 지원이 있어야 함	다차원 탄소재료 연구원장
안현실 (환경 논설위원)	- 우리나라에서는 기술·경제 리스크 보다 더 무서운 것은 정부(정권)리스크. 장기프로젝트를 추진하기 어려운 상황 - 우리나라 산업기술정책을 평가하면서 너무 자주 바뀐다며 「정책과잉」을 지적 (OECD)	출처 : 한국경제, 안현실 칼럼 - 수소경제와 정부(정권) 리스크, 2019,02.22
정부출연(연) 연구원	- 정부출연(연) 연구의 상당수가 내용(핵심기술)이 아니라 유행(정부·정권코드) 따라 포장지만 바꾸는 연구 ※ 5년마다 연구개발 정책이 180도 변경 : 녹색산업 → 창조산업 → 4차 산업혁명(유행가 R&D라는 냉소 가득) ※ 창조경제 때와 마찬가지로 현재도 제4차 산업혁명 단어가 들어가야 연구과제 수주 가능 ← 나쁜 연구문화 - 정부(정권) 바뀌면 연구주제 변경: 그때마다 3-4년 짜리 단기 과제 쏟아짐 ※ 장기적·안정적 연구의 어려움	출처 : 한국일보, 국가 R&D 예산 20조 시대의 자화상, 2019. 1. 15

- 실패를 두려워하는 리스크 회피 문화를 극복하고 도전과 혁신이 넘치는 연구개발 생태계 정착을 위한 정책적 노력의 집중이 요구됨
- 국가연구개발사업의 높은 과제 성공률은 실패를 금기시하는 국내 연구 문화를 보여주고 있는 것이라는 우려의 목소리가 커지고 있음
- 또한 유행을 좇는 연구 포퓰리즘과 사회적 평판과 명성을 중시해 실패를 두려워하는 연구문화에서 탈피하여야 혁신 창출이 가능할 것임
- 실패를 두려워하지 않는 연구문화 조성을 위해 새로운 한계 도전형 R&D 프로그램을 기획하고 미개척 영역 및 세계 최초의 연구를 시도해야 하며, 이를 위해 정책 및 제도 개선, 연구자 중심의 프로젝트 관리, '실패 회복 능력'을 기르는 교육 및 훈련 등 다양한 정책적 노력이 요구됨

3) 연구의 필요성

□ 기존의 R&D 문화에서 벗어나 실패를 용인하고 도전적이며 혁신적인 연구개발을 추구하는 문화로의 전환을 모색해야 함

○ (기존 R&D 문화의 핵심 문제 파악) 실패를 두려워하는 연구문화, 안정적 연구, 도전과 혁신 보다는 계속적인 연구비 수주에만 초점을 맞추는 것임

○ (도전·혁신 R&D 필요성) 국가의 경제 성장과 사회 발전은 대부분 연구와 개발을 통해 이루어지기 때문에, 도전적이고 혁신적인 연구를 촉진하는 것은 국가의 발전에 매우 중요하다고 할 수 있음

- 우리나라는 1960년대부터 2020년대까지 지난 60년 동안 우리나라가 중점적으로 수출하는 품목은 돼지털(60년대 10대 수출품목)에서 디지털(2020년대 주요 수출품은 반도체, 디스플레이, 휴대폰(최근 AI폰))로 혁신적인 변화를 이루었으며³⁾, 이는 지속적인 혁신과 R&D의 중요성과 도전적인 연구개발이 경제 성장에 필수적임을 시사함
- 이스라엘이 창업의 천국(Start-up Nation)으로 불리는 이유 중 하나는 사회 전반에 실패를 용인하는 문화가 정착되어 있기 때문이며, 이스라엘의 경제 성장과 스타트업 생태계는 도전과 혁신 정신을 바탕으로 이루어짐⁴⁾
- 미국은 도전·혁신 연구문화의 산실인 주요 혁신기업을 기반으로 경제사회 전반에 혁신을 확산시켜 유럽과의 경제 격차를 더욱 벌렸으며⁵⁾, 혁신기술을 통해 미국은 중국과의 경제력 격차도 더욱 벌려 나가고 있음

□ 도전·혁신적인 연구를 장려하기 위한 새로운 R&D 시스템 구축의 필요성을 인식하고 이를 위한 체계적인 정책 기획 연구가 필요함

○ (국내외 동향 분석) 연구개발 분야는 빠르게 발전하고 변화하고 있기 때문에, 최신의 연구개발 및 관리 동향을 파악하는 것은 경쟁력을 유지하고 향상시키는 데 중요할 수 있음

3) 이정동, 최초의 질문 - 기술선진국의 조건, 2022. 4. 15, (주) 민음사, p. 22

4) 이스라엘 수도 텔아비브는 세계 스타트업 도시 순위에서 미국 실리콘밸리와 뉴욕, 영국 런던, 중국 베이징, 미국 보스턴에 이어 6위를 기록. 1948년 국가설립 이후 60년이 지난 2010년경 50배의 경제 성장을 달성한 첨단기술 강대국으로 성장(※ 이스라엘 스타트업 규모(2021년) : 미국(53,000여개), 중국(5,200여개), 인도(5,000여 개), 이스라엘은 4,600여 개로 세계 4번째)

5) ※ 10년 전 미국·유럽 GDP 총액은 비슷 → 현재 미국 상위 6개주가 유럽전체와 비슷

※ 미국이 혁신기업인 M7(애플, MS, 아마존, 알파벳(구글), 엔비디아, 메타(Facebook), 테슬라)을 기반으로 미국은 경제사회 전반에 혁신을 확산. 유럽과 격차를 더 벌리고 있음 → 혁신기업의 분포 또한 동·서부 연안지역(시애틀, 샌프란시스코, 보스턴, 뉴욕 등)에서 중서부 내륙지역(오스틴, 댈러스, 덴버, 마이애미 등) 등 전국으로 확산 중

※ 시가총액 : 애플(3.1조 달러), MS(2.99조 달러) 는 프랑스 세계7위 경제 GDP(3.18조)

※ 혁신기술로 G2 국가인 중국과의 GDP 경제력 격차도 더욱 벌어짐: 미국 GDP 대비 중국 경제규모 → 76.4%(2021)에서 64.0%(2023)

- 본 연구는 국내외 도전·혁신형 R&D 프로그램 및 제도의 최신 동향을 파악하고 미래의 기술 동향과 시장 요구를 예측하며 이를 바탕으로 한국의 연구개발 생태계를 개선하는 방안을 제안하고자 함
 - 또한, 세계적인 연구개발 동향과 관리 방식을 분석함으로써, 한국이 국제적인 연구개발 생태계에서 경쟁력을 유지하고 향상시킬 수 있음
 - 세계적으로 혁신을 주도하는 국가들은 도전적이고 혁신적인 연구개발을 통해 국제 경쟁에서 우위를 점하고 있으므로, 한국이 이러한 국제적 추세에 발맞춰 나가기 위해서는 혁신적 연구개발을 촉진하는 정책 기획이 필수적임
- **(도전·혁신 R&D 문화와 혁신 촉진)** 기존의 안정적이고 예측 가능한 연구에서 벗어나 실패를 두려워하지 않는 도전적이고 혁신적인 연구문화를 조성하는 것은 국가의 지속 가능한 발전과 국제 경쟁력 강화에 필수적임
- 본 연구를 통해 이러한 도전적인 R&D를 활성화하는 방안을 제시하고자 하며, 이를 통해 새로운 아이디어와 기술의 탄생을 촉진하고, 새로운 기회를 창출하며 사회적 가치를 높이는 데 기여하고자 함
 - 현재의 연구개발 시스템과 평가 체계는 종종 안정적이고 예측 가능한 연구를 선호하는 경향이 있는데, 본 연구를 통해 이러한 시스템을 재구성하고, 도전적인 연구를 더욱 장려하고 지원하는 방향으로의 전환을 모색하고자 함
- **(책임 PM 중심의 선진적 프로젝트 기획·관리 방식 정착)** PM이 새로운 아이디어를 제안하고, 이를 실행에 옮기는 데 필요한 자유를 보장하고 이를 통해 기존에 미처 발견하지 못했던 혁신적인 기술이나 방법론이 발굴될 수 있도록 하는 선진적 R&D 시스템의 현장 차근을 위해 관련 정책 방향에 대한 기획연구가 필요함
- 본 연구를 통해 새로운 연구개발 체계, 프로젝트 관리 방식, 평가 체계 등을 구축하기 위한 실질적인 방안을 제시함으로써 정책 및 제도 개선을 위한 중요한 기초 자료로 활용될 수 있도록 함
- **(평가 체계의 개선 및 성과 확산)** 기존의 연구 평가 방식이 혁신적인 연구를 제약하는 경우가 있기 때문에 혁신적인 연구를 장려하고 그 성과를 제대로 인정하는 새로운 평가 체계를 마련하는 것이 필요한 시점임
- 본 연구를 통해 제도적 기반을 마련한다면 혁신적인 연구를 촉진하고, 그 성과를 사회 전반에 확산시키는데 도움이 될 수 있을 것임
 - 연구의 성과는 그것이 사회에 확산되고, 사람들이 그 가치를 인식할 때 실질적인 가치를 발휘하므로, 본 연구를 통해 연구 성과의 확산을 촉진하고, 성과의 가시성과 파급효과를 높이는 방안을 제시하고자 함

1.2 연구의 내용 및 범위

1) 연구의 내용

□ 국내외 도전·혁신 R&D 현황 분석

- 글로벌 과학기술혁신정책 동향 및 전망을 포함하여 주요국의 도전·혁신 R&D 활성화 정책 동향에 대해 포괄적으로 조사하여 현대 사회에서 도전적·혁신적 연구개발이 왜 중요한지에 대한 광범위한 개론을 제공함
- 미국, 영국, 독일, 일본, 호주, 스위스, 프랑스, 캐나다 등 주요 국가들의 도전·혁신 R&D 프로그램과 추진 현황에 대해 상세히 조사 및 분석함
- 국내에서의 도전·혁신 R&D의 현황과 여건을 분석하고, 현재의 문제점 및 개선 방향을 도출함
- 국내 도전·혁신 R&D의 한계점, 도전·혁신 R&D 활성화를 위한 핵심 요소 및 고려사항 등 앞선 분석을 바탕으로 주요 결과를 요약하고, 이로부터 얻은 시사점을 제시함

□ 도전·혁신 R&D 모델의 분석 및 적용

- DARPA의 주요 특성을 분석하고, 이를 적용 및 벤치마킹한 글로벌 사례를 검토하여 성공적인 모델의 특성과 이러한 모델들이 글로벌 차원에서 어떻게 적용되고 있는지를 다룸
- 공고문, 보고서, 홈페이지에 게시된 문건 등을 중심으로 세부 내용을 분석하여 DARPA의 프로젝트 관리·운영체계 측면에서의 차별성을 조사함
- DARPA의 '리더십'에 대한 인식과 PM의 역할 및 중요성, PM의 현황 및 특성을 분석하여 효과적인 PM 제도 구축 방안을 탐구함
- DARPA를 포함하여 여러 도전·혁신 R&D 모델의 성과 확산과 전략적 국제협력 추진 사례를 분석하여 연구성과의 확산 방법과 국제 협력의 중요성에 대해 논의함
- 이를 바탕으로 한국의 특정 조건과 요구에 맞는 도전적·혁신적 R&D 모델을 개발하고 적용하는 방안을 제안함

□ 도전·혁신 R&D 생태계 정착을 위한 정책기획

- 책임감 있는 PM 중심의 기획 및 관리 시스템을 구축하는 방안과 이를 위해 요구되는 주요 과제를 도출함
- 연구자들의 창의성과 혁신을 촉진할 수 있는 연구 환경을 조성하는 방안을 제안함
- 글로벌 협력을 촉진하고 연구개발 성과를 사회적 가치 창출에 연결하여 연구성과의 파급력을 확보하는 전략을 개발
- 연구문화와 환경, 인재 육성 등 장기적인 관점에서 지속 가능한 혁신 생태계를 조성하기 위한 구체적인 과제와 방향을 제시

□ 결론 및 정책 제언: 요약과 토의, 향후 정책 개발을 위한 제언

- 연구의 주요 결론과 향후 정책 방향을 제시하고, 제시된 정책 및 모델이 향후 직면할 수 있는 도전과제와 예상되는 기대효과를 논의함

2) 연구의 범위

- **(지리적 범위)** 한국의 현재 도전·혁신적 R&D 체계와 문화에 대한 심층적 분석을 중심으로 진행하되, 해외 사례와의 비교 분석을 통해 글로벌 트렌드를 파악하고 국제적 베스트 프랙티스를 도출함
- **(분야적 범위)** 연구는 주로 과학기술 및 엔지니어링 분야의 도전적 R&D에 초점을 맞추고 있으나, 다양한 산업 분야에서의 혁신적 R&D의 적용가능성을 탐색하고 경제, 사회학, 경영학 등 다른 학문 분야와의 연계점을 모색하여 R&D의 다학제적 접근을 고려하고자 하였음
- **(시간적 범위)** 연구는 현재의 도전·혁신적 R&D 동향과 미래 전망에 중점을 두되, 역사적인 성공 및 실패 사례를 분석하여 현재와 미래의 R&D 전략에 대한 교훈을 도출함
- **(정책적 적용 범위)** 한국 정부의 R&D 정책 및 프로그램 개발을 위한 구체적인 권고안을 제시하고 학계와 산업계 간의 협력 증진을 위한 전략을 모색하며, 지속가능한 혁신 생태계 구축을 위한 장기적인 전략과 방향을 제안함
 - 특히, 정부의 정책 결정자, 학계 연구자, 그리고 산업계 리더들에게 유용한 정보를 제공하고, 실질적이고 실행 가능한 정책 권고안을 제시하는 데 중점을 둠

3) 연구의 방법

- **(문헌연구)** 기존의 연구와 정책 문헌을 통해 도전 혁신 R&D 프로그램의 이론적 배경과 실제 적용 사례를 이해하고, 성공 요인과 실패 원인을 파악
 - 국내외 학술 데이터베이스와 정부 보고서, 정책 문서, 학술 논문, 회의록, 저서 등을 활용하여 체계적인 문헌 연구를 수행
 - 국내외 학술 빅데이터 플랫폼을 활용하여 키워드 검색 (예: "도전 혁신 R&D", "고위험 고보상 프로그램", "R&D 정책 기획")을 통해 관련 문헌을 수집
 - 문헌 분석을 위해 내용 분석법과 메타 분석 등의 방법을 사용하여 중요한 통찰력과 자료를 확보
- **(전문가 의견수렴)** 도전·혁신 R&D 분야에서 활동하는 전문가들의 심층적인 인사이트와 의견을 통해 정책 제안의 실질적인 근거를 마련
 - 정책 입안자, 대학 교수, 산업계 연구원, 기업가 등 다양한 분야의 전문가를 선정하여 자문 회의를 개최하고 프로그램 설계, 실행 과정, 평가 및 모니터링, 장애 요소 등을 포함하여 심층 질문 및 토론을 진행함
 - 전문가 의견수렴은 질적 연구 방법론에 따라 구조화되지 않은 형식으로 진행되며, 필요에 따라 온라인 또는 대면으로 실시
- **(사례연구)** 성공적인 도전 혁신 R&D 프로그램을 운영한 국가 및 조직의 구체적 사례를 분석하여 한국에 적합한 정책 방향을 제시
 - 선정된 사례들의 프로그램 설계, 자금 조달 방법, 참여자 및 관리 구조, 성과 및 영향 등을 종합적으로 분석
 - 사례 선정은 다양한 국가와 기술 분야를 포괄하며, 특히 혁신적인 관리 및 실행 전략이 돋보이는 프로그램을 중점적으로 다룸
 - 분석은 내용 분석, 비교 분석 방법을 사용하여 각 사례의 성공 요인과 전략적 시사점을 도출
 - 특히 성공적으로 도전·혁신 R&D 생태계를 정착시킨 국가 또는 기관의 정책을 분석하여, 한국의 상황에 맞게 적용 가능한 점을 찾아내고자 함
- **(종합 분석)** 위의 세 가지 연구 방법을 통합적으로 수행함으로써, 도전 혁신 R&D 생태계를 효과적으로 구축하고 지속 가능하게 관리할 수 있는 심층적이고 실용적인 정책 지침을 개발할 수 있으며, 연구 결과는 정책 입안자와 연구자들에게 중요한 의사결정 지원 자료를 제공할 것임

2.1 글로벌 정책 동향

1) 과학기술혁신정책 동향 및 전망

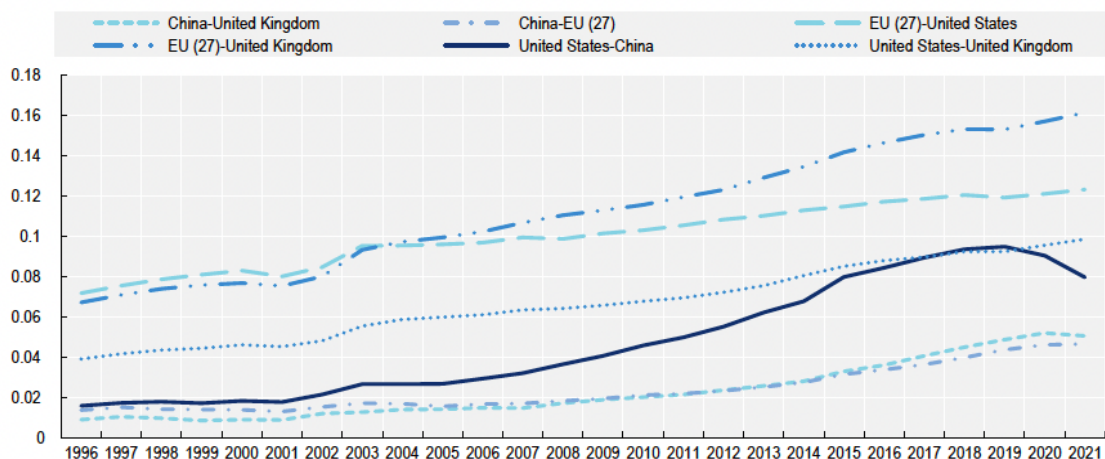
- 과학기술혁신정책(STI)에서 안보 및 전략적 자율성에 대한 이슈가 확대되고 있음(OECD, 2023)
 - (과학기술혁신정책 의제의 안보화) 러시아의 우크라이나 침략 전쟁은 국방 R&D 지출 증가와 함께 STI 정책에 광범위한 영향을 미칠 것으로 예상되며, 이러한 영향은 전통적인 국방 문제를 넘어서 다양한 영역으로 확장
 - (시스템적 위험 감소) STI를 활용하여 식량 안보, 에너지 안보, 보건 안보, 사이버 보안 등을 강화하고 있음
 - (기술 변화의 책임 있는 관리) AI, 합성 생물학, 신경 기술 등과 관련된 다양한 위험을 줄이기 위해 기술 변화를 책임감 있게 관리할 것이 강조되고 있음
 - (기후 위기 대응) 기후 위기가 국가 안보에 미치는 영향을 인식하고, 이를 완화하고 적응하는 데 더 큰 중점을 두고 있음
 - (기술 주권 및 전략적 자율성 추구) 첨단 기술 및 기타 전략 상품의 무역 의존성으로 인한 취약성을 줄이고, '기술 주권'과 '개방형 전략적 자율성'을 추구하고 있음
 - (연구 안보) 개방적이고 신뢰에 기반한 과학적 협업과 보호적이지만 제한적인 규제 사이의 균형을 유지하는 것이 중요하다는 점이 강조됨
 - 각국 정부는 연구 보안을 강화하기 위한 조치를 시행하고 있으며, 동시에 학문적 자유, 개방성, 정직성, 책임성 등 좋은 과학적 관행을 강조함
 - 과도한 규제나 개입은 과학적 탐구와 교류의 자유를 훼손할 수 있으므로, 적절한 연구 보안과 무결성을 지원하는 조치를 마련하는 것이 중요함
 - (전략적 자율성) 5G, 배터리, 태양전지 등 첨단기술 영역에서 중국의 부상으로 전략적 경쟁이 심화되면서 과학기술이 국가 안보에 미치는 영향이 확대되어 기술주권, 전략적 자율성 프레임이 강조됨
 - 유럽연합과 미국을 포함한 기술 선도국들은 기술 주권과 전략적 자율성을 정책 목표로 설정하고 있으며, 이를 위해 보호, 진흥, 투영과 같은 정책을 채택함
 - OECD(2023) 보고서에서는 전략적 자율성 달성을 위한 정책 수단으로 1)(보호) 네거티브 리스트, 수출통제, 외국인 직접투자 제한, 국제 기술교류 제한, 공급망 다변

화 등 국제 기술교류 제한, 2)(진흥) 국내 산업역량 강화를 위한 산업정책 도입 등 STI 투자 확대로 산업역량 강화, 3)(협력) 국제 기술 제휴, 국제 표준 제정 참여 등 가치 공유국 간의 STI 동맹 강화를 제시함

- ※ 전략적 자율성 사례 : 반도체 분야에서 미국은 자국 내 반도체 생산·제조 기반 확보를 위한 지원을 하는 한편, 같은 생각을 가진(like-minded) 국가가 참여할 수 있는 예산을 할당하여 국제협력 추진

○ (국제협력) 과학기술 분야의 국제 협력이 전략적 경쟁과 팬데믹의 영향을 받으며 변화하고 있음

- 과학은 글로벌 지식 커먼즈에 의존하며 과학 출판물의 약 20%가 국제적으로 공동 저술되고 있음
- 중국의 과학 역량이 성장함에 따라 OECD 국가들과의 연구 연계성이 강화되었으며, 특히 중국과 미국 간의 국제 협력이 빠르게 증가함
- 공학 및 자연과학 분야에서 중국과 미국 간의 협력이 감소한 반면, 생명 및 건강 과학, 사회과학 및 인문학 분야에서는 협력이 지속적으로 증가하고 있음
- 전략적 경쟁이 중요한 연구 분야에서 중국과 미국이 양국 간 협력에서 이탈하고 있는 초기 신호가 나타나고 있으나, 의학 및 환경 과학과 같은 다른 분야에서의 협력은 계속 증가할 것으로 전망됨(그림 2-1, 2-2)
- 이러한 과학기술 분야의 협력 패턴은 연구 분야와 국가 간 관계의 역학에 따라 달라지고 있으며, 이는 전략적 자율성과 기술 주권에 대한 고려가 필요함을 시사함

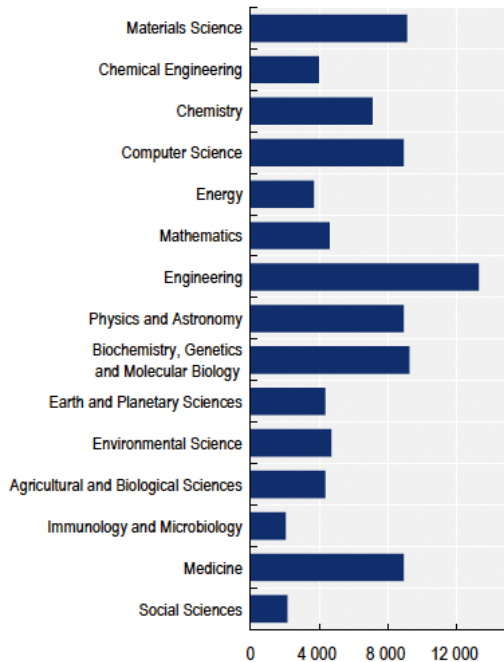


Note: The indicator of bilateral collaboration intensity between two economies is calculated by dividing the number of scientific publications by authors with affiliations in both economies (whole counts) by the square root of the product of the publications for each of the two economies (whole counts). This indicator is therefore normalised for publication output. Publications refer to all citable publications, namely, articles, reviews and conference proceedings.

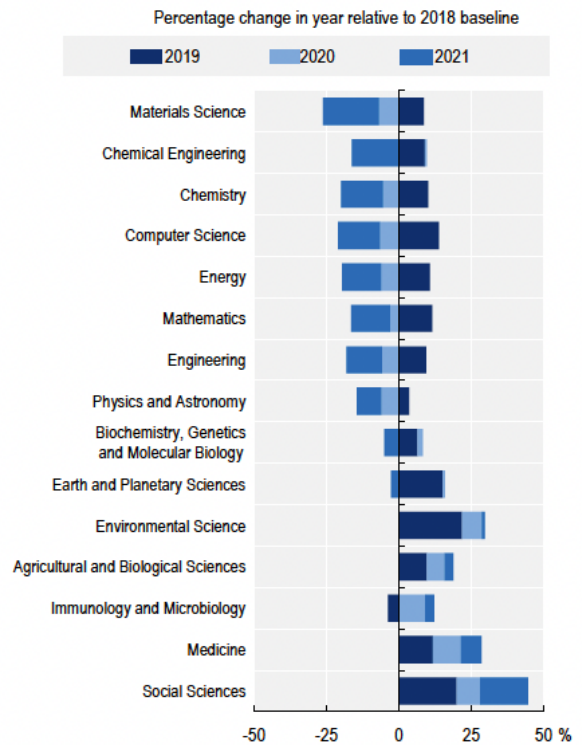
Source: OECD calculations based on Scopus Custom Data, Elsevier, Version 6.2022, February 2023

<그림 2-1> 과학 출판물의 양국 간 협업 강도 추이, 1996~2021년

A. Number of United-States-China collaborations
Coauthorship publications, whole counts, 2018



B. Collaboration changes



Note: Collaboration between China and the United States is defined by the number of co-authored publications between both countries (whole counts). Publications refer to all citable publications, that is articles, reviews and conference proceedings. The top-15 in the chart corresponds to those fields where more than 2 000 US-China co-authorship publications were recorded in 2018 (whole counts). Panel A shows the number of 2018 collaborations, in absolute terms. Panel B shows the changes in collaborations for each year versus the previous year, as a percentage of 2018 collaborations.

Source: OECD calculations based on Scopus Custom Data, Elsevier, Version 6.2022, February 2023.

<그림 2-2> 미국과 중국의 상위 15개 협력 분야

2) 도전·혁신 R&D 활성화 정책 동향

- 임무달성의 실효성 제고를 위해 EU, 미국, 일본을 중심으로 고위험·고보상(High Risk-High Reward)을 장려하는 정책이 확대되고 있음
- 많은 국가들이 기존의 안전한 경로를 벗어난, 혁신적이고 파괴적인 아이디어에 집중하는 고위험·고보상형 연구를 지원하고자 예산을 증액하고 있음
- 도전적 R&D에 대한 위험 감수 및 장기 투자를 유도하고, 개별 프로젝트 수준 보다는 국가 R&D 포트폴리오 차원에서 위험과 보상 고려하며 정책 연속성 확보를 통한 장기적인 지원 전략을 펴고 있음
 - 또한, 혁신적인 아이디어와 해결책은 종종 다양한 분야의 지식과 기술의 융합에서 나온다는 것에 대한 공감대가 형성되어 주요국 정부와 연구 기관은 과학, 공학, 사회과학, 인문학 등 다양한 분야 간의 협력을 촉진하고 있음

- 산업계, 학계, 연구소 간의 협력을 통해 혁신을 가속화하는 개방형 혁신 모델이 강조되고 있는데, 이는 새로운 아이디어의 상업화 속도를 높이고, 실질적인 시장 적응력을 강화하는 중요한 전략임
- 혁신적인 연구개발은 실패의 가능성이 높지만, 이러한 실패에서 중요한 학습과 발전이 이루어질 수 있기 때문에 주요국의 정책 입안자들은 연구 실패에 대한 부담을 줄이고, 실패를 통한 학습을 장려하는 방향으로 정책을 조정하고 있음
- 특히, 창의적이고 혁신적인 연구를 촉진하기 위해 연구자가 주도하는 프로젝트에 대한 지원이 증가하고 있으며, 이는 연구자가 자신의 아이디어와 방향을 설정할 수 있는 자율성을 제공하는 것이 핵심임
- 글로벌 연구 협력과 네트워킹을 통해 지식과 자원의 공유를 촉진하고 있으며, 이는 글로벌 과제에 대한 해결책을 모색하고, 다양한 관점과 전문지식을 통합하는데 도움이 됨
- 장기적인 관점에서 지속 가능한 연구개발 생태계 조성에 중점을 두고 있으며, 연구개발의 지속 가능성, 환경적 영향, 사회적 책임이 강조됨

○ 미국 국립과학재단 등 연구 자금 지원 전문기관(funders)은 도전연구 전문 프로그램을 전략적으로 설계·추진하고 있음

- 도전·혁신적 연구만을 위한 과제선정 프로세스 및 평가기준을 마련하고 새로운 접근의 평가 방식을 적극적으로 도입 중임
- 예를 들어, 유럽위원회는 신기술 및 신흥 과학 기술(NEST) 이니셔티브를 통해 혁신적인 연구를 지원하고, 독일연구재단(DFG)은 라인하르트 코젤렉 프로젝트를 통해 혁신적이고 고위험 프로젝트를 추구하도록 장려하고 있음
- 미국 국립보건원(NIH)의 HRHR(High-Risk, High-Reward) 프로그램은 초기 고위험 연구 특성을 반영하여 동료평가(peer-review) 등 기존의 평가방식을 취하지 않고 평가 및 관리를 유연하게 운영하고 있음
 - ※ 예비데이터 제출이 불필요하며, 도전과제, 임팩트, 접근방법 혁신성, 연구자 적합성, 발전 계획 등의 내용을 담은 연구전략서 5~10p 이내 제출
 - ※ 제안서 작성 및 평가 단계에서 실현가능성(feasibility) 보다는 혁신성과 잠재력(innovation, potential)을 중점적으로 평가
 - ※ 사업관리는 2~5쪽의 연례보고서 제출, 매년 HRHR 심포지엄 참석, 최소 5년간 연구책임자에게 최근 연구현황 관련 보고서 요청, 연구종료 후 보고사항은 일반 R&D와 동일
- 또한, 위험 감수에 대한 보상을 통해 혁신적인 연구자를 육성, 도전 인센티브 제공하기 위한 시드(seed)·브리지(bridge) 연구과제를 확대하고 있음

2.2 주요국 도전·혁신 R&D 추진 현황

1) 미국

□ 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)

- DARPA는 정부 주도의 혁신 모델로, 공공 부문이 민간 부문과 협력하여 대규모 혁신 프로젝트를 추진할 수 있는 방법을 잘 보여주는 사례임
- DARPA의 혁신적이고 고위험·고보상 접근 방식은 다양한 분야에서 혁신을 추구하고자 하는 기관들이 설립에 영감을 주었음
 - 대표적인 기관들로는 미국의 ARPA-E(Advanced Research Projects Agency-Energy), IARPA(Intelligence Advanced Research Projects Activity), 영국의 ARIA (Advanced Research and Invention Agency) 등이 있음
- **(제도적 특징)** 자율과 책임의 원칙에 따른 100여명 PM 중심의 기획·평가·관리, 돌파형 연구 몰입환경을 조성하기 위한 경쟁형 R&D 도입·운영, 고위험·대형 과제의 경우 성공 가능성을 높이기 위해 토너먼트형 R&D 제도 시행 등을 특징으로 함
 - **(PM 제도)** PM은 성공 시 파급효과가 클 것으로 예상되는 과제를 발굴하고 해당 과제를 수행할 연구팀을 선정하며 적극적인 연구관리를 수행, 국장-실장-PM의 간략한 의사결정 구조 채택하고 있음
 - ※ 짧은 임기의 프로그램 관리자(PM): 새로운 아이디어와 혁신적인 접근을 지속적으로 도입하기 위해 DARPA의 PM들은 일반적으로 3~5년의 짧은 임기를 가지며, 프로젝트의 방향성과 자금 배분에 상당한 자율성을 가짐
 - **(경쟁형 토너먼트 R&D)** 매년 중간 탈락 제도 시행, 최종 30% 정도가 성공적 결과 창출, 목표만 제시하는 지정 과제 공고 후, 수행기관들은 과제 목표를 달성하기 위한 각각 다른 방식을 제안할 수 있음
 - ※ 단계별 지원: 1단계는 제안기술의 타당성 검토(소액)→ 2단계는 설계(중간 금액)→ 3단계는 시제품 개발 및 상용화(큰 금액)
 - **(임무지향적 연구)** DARPA의 프로젝트는 대개 짧은 기간에 구체적인 목표를 달성하기 위해 설계되며, 빠른 결과 도출에 중점을 둠
 - **(프로젝트 기반 조직)** DARPA는 전통적인 연구 기관과 달리 프로젝트 기반의 조직 구조를 가지고 있으며, 이는 특정 프로젝트나 연구 주제에 초점을 맞추어 유연하고 동적인 연구 환경을 조성하는데 적합한 것으로 평가됨

- **(학계와 산업계와의 협력)** DARPA는 정부 기관, 학계, 산업계와 긴밀히 협력하여 연구개발을 수행하며 이를 통해 연구 결과의 실용화와 상업화를 촉진하고 있으며, 개발된 기술을 군사뿐만 아니라 민간 분야로 이전하고 상업화하는 데 중점을 두어 보다 넓은 범위의 사회적, 경제적 영향 및 파급효과를 가져오도록 함
- **(국제협력)** DARPA는 미국의 동맹국들과 전략적 파트너십을 구축하여, 국제적 차원에서 혁신적인 기술 개발을 추진하고 있음
 - 전 세계의 연구기관, 대학, 기업과 협력하여 광범위한 혁신 네트워크를 적극 활용하고 있으며 국제 연구 프로그램을 개발하고, 글로벌 워크숍 및 콘퍼런스를 개최하여 다양한 국가의 연구자들과의 협력을 촉진하고 있음
 - 또한, DARPA는 글로벌 기술 표준 및 규제 형성 과정에 참여하여 국제적으로 인정받는 연구 관행을 촉진하고 있으며 다국적 기업과도 협력하여 글로벌 수준의 기술 개발 프로젝트를 진행함으로써 기술 혁신을 상업화하고 광범위하게 확산하고 있음
 - 국가 안보에 필수적인 신기술 개발을 위해 전 세계 파트너와 협력(예: EU와 양자 플래그십, 이스라엘과 AI 브레인 이니셔티브, 일본과 바이오 GUARD 프로그램) 중이며, 국제 연구 협력에서 투명성, 정직성, 형평성, 공정한 경쟁, 객관성을 중시함
- ※ **(소통 사례)** 2022년 DARPA 포워드 컨퍼런스는 연구개발 커뮤니티에게 DARPA의 최신 프로그램과 기술을 소개하고 네트워킹의 장을 제공하여 국방기술 혁신에 기여
- **(예산)** 2022년도 회계연도 38억 달러에서 2023년 회계연도 41억 달러로 증액되었는데 특히 3DHI(반도체 패키징) 분야의 예산이 증대되었음
- **(세부 프로그램)** 우주 메타물질 기반 전자 스캔 기술 개발, 고밀도 전력 장치의 열 측정 기술 개선, 외부 자원의 원격 측정 및 분석 연구, 대규모 자율 시스템 개발 등 우주 기술, 사이버 보안, 인공지능, 에너지 효율성, 자율주행과 같은 첨단 기술 분야를 중심으로 추진 중
 - Space-MESA 프로그램과 같은 우주 응용 기술과 같은 분야에서 사례로 볼 수 있듯 DARPA는 특히 고급 기술 개발에 중점을 두고 있으며, 이러한 프로그램들은 첨단 기술의 경계를 확장하고, 새로운 과학적 발견과 혁신을 추구함
 - Synthetic User Personas (SUP) 프로그램과 같은 데이터 분석 및 인공지능 관련 프로젝트는 대규모 데이터를 분석하고, 새로운 인사이트를 도출하는 데 중점을 두며 이는 데이터 주도 의사결정 및 머신 러닝 알고리즘 개발을 포함함
 - 또한, 디지털화 시대의 중요한 과제를 해결하는 데 초점을 맞추고 있으며, VPN의 보안성 평가, 네트워크 블랙 박스 개발 등과 같은 프로그램은 사이버 보안 및 안정적인 네트워킹 기술 개발에 집중하고 있는 것으로 조사됨
 - 에너지 효율 및 지속 가능성을 위해 고밀도 전력 장치의 열 효율성과 성능 개선을

위한 프로그램은 에너지 효율성 및 지속 가능한 기술 개발에도 중점을 두고 있음

- 개인화된 데이터를 활용하여 맞춤형 솔루션을 제공하기 위한 WEAR 프로그램과 같은 웨어러블 기술 개발은 개인의 건강, 안전 및 성능 향상에 중점을 두고 있음
- 교통, 국방, 서비스 산업 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 할 수 있는 자율주행 차량의 전자 제어 시스템 인증 및 보안 강화 프로그램은 자율 시스템 및 로봇 기술의 개발에도 투자하고 있음

<표 2-1> DARPA에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)

프로그램명	설명
Vibe: Innovation in Commodity Coherence	기술 및 제품들 간의 일관성과 호환성을 개선하는 혁신적 접근
Synthetic User Personas (SUP)	인공적으로 생성된 사용자 프로파일을 통한 데이터 분석 및 인사이트 도출
Space Metamaterial Electronically Scanned Array (Space-MESA)	우주 응용을 위한 메타물질 기반 전자 스캔 기술 개발
Super-resolution Thermal Metrology for High Power Density Devices	고밀도 전력 장치의 열 효율성과 성능 개선을 위한 첨단 열 측정 기술 개발
Wearables at the Edge to Augment Readiness (WEAR)	웨어러블 기술을 활용한 실시간 준비 상태 및 성능 개선 기술 개발
Exploiting Sparsity in Python (ESPy)	파이썬 프로그래밍에서 희소 데이터 처리의 최적화
Deuce Coupe	기존 시스템에서 가치 있는 기계 및 전자 부품을 식별, 평가 및 추출하여 기능하는 시스템에서 재사용하는 능력을 제공
2D Polyglots	2D 소프트웨어 및 인터페이스 개발
Passive Analytics for Remote Quantification of External Resources (PARQER)	외부 자원의 원격 측정 및 분석을 위한 기술
Assessing Virtual Private Network (VPN) Networkworthiness (AVN)	VPN 시스템의 보안 및 신뢰성 평가
Electronic Control Unit Authentication in Autonomous Vehicles (ECU2A)	자율주행 차량의 전자 제어 시스템 인증 및 보안 강화
Network Black Box (NBB)	네트워크 시스템의 효율성 및 보안을 위한 블랙 박스 기술
5G Test Environment (5GTE)	5G 네트워크의 성능 및 효율성 테스트
Autonomous Systems at Scale - Open Topic	대규모 자율 시스템의 개발 및 통합 연구 - 자유 주제

□ 고등에너지연구계획국(ARPA-E)

- ARPA-E는 에너지 분야에서 기존의 접근 방식을 벗어나 잠재적으로 큰 영향력을 가질 수 있는, 혁신적인 에너지 기술 개발에 중점을 둠
- **(제도적 특징)** 학계와 산업계의 가교역할 수행, 민간에서 수행하기 어려운 고위험·고수익 프로젝트의 기술개발 초기 자금(Seed Money)을 지원하고 이후 민간 기업의 추가 투자나 기술사업화 유도
 - **(성공사례)** 1MW SiC 트랜지스터, 수소와 이산화탄소를 이용하여 액체 연료를 만드는 미생물, 유사 등은 압축 공기 에너지 저장 시스템 개발 등의 프로젝트들이 민간 부분의 후속 투자를 지원받거나 회사 창립에 성공, 131개의 새로운 회사가 설립, 289개의 ARPA-E 기술 라이선스가 발급
 - **(프로그램)** 16~20여명 PD에 의해 프로그램 기획, 특정 에너지 분야 기술 개발을 추구하는 목표 지향적 프로그램과 에너지기술 전 분야에 대해 높은 잠재력을 지닌 아이디어를 제안 받는 방식이 있음
 - **(PD 제도)** 에너지 분야의 최고 인재가 3~5년의 임기 동안 유연하고 과감히 운영하도록 프로그램의 구성 및 선정, 예산 집행 권한 부여, 2010년부터 매년 PD를 중심으로 에너지 혁신 서밋을 개최함
 - **(Technical-to-Market(T2M) 기술-시장 출시팀)** 어드바이저(Advisors)는 비즈니스 통찰력을 가지고 기술실용화를 위한 다양한 전략을 제안하며 T2M 프로그램은 시장의 니즈를 분석, 비즈니스 정보와 교육을 제공
- **(국제협력)** 일본의 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO), 국제에너지기구(IEA), 미션 이노베이션 등 다양한 국제 파트너와 협력하여 지식 공유와 모범 사례 교환, 에너지 혁신 기회를 발굴하고, ARPA-E 기술의 글로벌 시장 채택을 위한 국제 표준·규정 개발 장려함
 - 특히, ARPA-E는 다국적 에너지 기업과 협력하여 혁신적인 기술의 상용화를 촉진하고, 글로벌 에너지 시장에 새로운 솔루션을 제공하고 있음
- **(예산)** 2023년 회계연도 4억 7천만 달러, 2022년도 회계연도 4억 5천만 달러 등으로 유지됨
 - 2009년부터 1,415개 이상의 혁신 에너지 기술 프로젝트에 약 32억 7,000만 달러의 R&D 자금을 지원하고 있으며, 이 중 179 개 프로젝트에 약 49 억 달러의 민간 투자를 유치하고 있음
- **(세부 프로그램)** 플레어 가스 연소 효율성 개선, 메탄 감지 정확성 향상, 알루미늄 전해셀 및 열 회수, 초음속 CO2포집 기술 개발, 고이온 전도성 리튬

전해질 제조 연구 등 지속가능한 미래를 위한 기술 혁신을 주도하고 있음

- 프로그램들은 에너지 효율성 향상 및 환경 영향 최소화에 중점을 두고 있는데 예를 들어, "Swiss-roll Flare Gas Incinerator"는 플레어 가스 연소 효율성을 개선하여 에너지 손실을 줄이고, "Aluminum Electrolytic Cell with Heat Recovery"는 알루미늄 생산 과정에서의 에너지 효율 향상과 탄소 발자국 감소를 목표로 함
- 청정 및 지속가능한 에너지 자원 개발을 위한 바이오연료 생산 비용을 절감하여 청정 에너지원 개발 연구, 고이온 전도성 리튬 전해질 제조를 통해 효율적인 에너지 저장 기술을 개발하는 연구 등도 추진되고 있는 것으로 조사됨

<표 2-2> ARPA-E에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)

프로그램 명	설명
Swiss-roll Flare Gas Incinerator	스위스-롤 플레어 가스 소각기(플레어 가스 연소 효율성 개선)
Homopolar Machines with Electron Current Transfer Technology	호모폴라 기계와 전자 전류 전송 기술(항공기 추진용 DC 전기 기계 개선)
Complete Methane Leak Detection	천연가스 시스템에서의 완전한 메탄 누출 감지 기술 개발
Engineering Enzymes in Energy Crops	에너지 작물에서의 효소 엔지니어링(바이오 연료 생산 비용 절감)
Aluminum Electrolytic Cell with Heat Recovery	알루미늄 전해셀 및 열 회수(알루미늄 생산 효율성 및 탄소 발자국 감소)
Supersonic Technology for CO2 Capture	초음속 CO2 포집 기술 개발
Low Cost Feed Flexible Plastics Reuse (LCFFPR)	저비용 피드 유연성 플라스틱 재사용(플라스틱을 원유로 전환)
Flash Sintering System	플래시 소결 시스템(고이온 전도성 리튬 전해질 제조)
High-Efficiency Air Conditioner and SEmS Generator	고효율 에어컨 및 SEmS 발전기(에너지 효율적 냉각시스템 및 발전 기술 개발)
Cerium-Based Magnets	세륨 기반 자석
In-Flight Aviation Testbed Platform	비행 중 항공 시험용 플랫폼
Thermally Modulated Solid-State Batteries	열로 변조된 전고체 배터리
Nanostructured Pd-Anf Composites	나노구조 Pd-Anf 복합체
Solid State Thermal Battery	고상 열에너지 저장장치
New Electrode Manufacturing Process Equipment	새로운 전극 제조 공정 장비
Cooling Using Thermochemical Cycle	열화학 주기를 사용한 냉각

□ 보건첨단연구계획국(ARPA-H)

- 바이든 행정부에서 보건의료 R&D 혁신 가속화하기 위해 NIH와 같이 미국 보건복지부 내의 독립 실행형 기관으로 설립됨('22.11)
 - ※ 첫 수장으로 임명된 Renee Wegrzyn 박사는 DARPA 바이오테크에서 PM으로 근무하였고, 그 후 미국 바이오테크 Ginkgo Bioworks에서 사업개발 부장을 지냄
 - 보건 의료분야의 실질적인 문제와 환자들을 위한 혁신적이고 보다 공평한 해결책을 만들어낼 수 있는 연구과제 지원
 - 보건의료 혁신의 신속한 적용과 이행, 보건의료 전 분야 혁신, 질병의 예방·치료 등을 위한 역량과 플랫폼의 구축, 상용화 실패에 따른 위험을 극복할 수 있는 핵심적인 해결책 또는 인센티브 제공
- (제도적 특징) DARPA의 주요 제도적 특징을 벤치마킹하고 보건의료 분야의 돌파형(breakthrough) 기술 개발과 범용성 플랫폼 및 상용화 솔루션 등에 투자
 - (PM 제도) DARPA와 같이 3~5년 임기의 전문 프로그램 매니저(PM)를 채용, PM은 융통성 있는 기간 조정 및 예산 집행이 가능한 권한을 가짐(2023년 기준, 3명의 실장과 8명의 PM을 채용)
 - (동료평가 면제) 전통적인 제안서 리뷰 프로세스가 아니라 PM을 중심으로 아이디어 발전 및 개념 명확화를 위해 1차·2차 리뷰를 거침
- (예산) 2022년 10억 달러 예산을 시작으로 2023년 예산 15억 달러를 예산을 확보해 돌파형 혁신연구 지원을 계획함
- (세부 프로그램) 효율적인 임상시험 방법론 개발, 백신 개발 환경 혁신, 실시간 약물 전달 및 질병 추적 등 보건의료 분야의 혁신적 접근을 목표로 함(그림 2-3)

<표 2-3> ARPA-H에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)

프로그램명	설명
Initiative to Improve Clinical Trials	임상 시험 개선을 위한 이니셔티브
APECx Program for Vaccine Discovery	APECx 백신 발견 프로그램
Program for Real-Time Drug Delivery and Disease Tracking	실시간 약물 전달 및 질병 추적 프로그램

**Scaling Health Applications Research for Everyone (SHARE)
Broad Agency Announcement (BAA)**

**The Advanced Research Projects Agency for Health (ARPA-H)
Scaling Health Applications Research for Everyone (SHARE)
Broad Agency Announcement (BAA)**

SP4701-23-B-0002



C.2 Program Objectives

The purpose of this program is to increase the probability of adapting and scaling high-risk and potentially disruptive new technologies and solutions across the full spectrum of health-related applications. Projects will focus on adapting, scaling, and transition challenges associated with the underlying technology. These can be related to technology integration, manufacturing, and proving efficacy, building capacity, and adapting the technology to the health sector. The specific objectives of the program are to develop proven demonstrations of efficacy in civilian populations or civilian health infrastructure, receive regulatory approvals, eliminate barriers to manufacturing or distribution, secure key partnerships with commercial entities, user-groups, and other stakeholders, and to attract outside investment.

Building on the groundbreaking successes achieved by DARPA, DIU, and other government entities, this program aims to translate these achievements into transformative civilian healthcare solutions. Applicants MUST demonstrate three things:

1. **Technical Feasibility.** Prior success within a DoD/USG context, substantiated by advancements like verified progress towards FDA approval, independent verification and validation, or successful operational prototypes.
2. **An “ARPA-H/ard” Pivot & Target Population and/or Health Application.** An R&D plan for a compelling, innovative prototype that adapts existing technology to the unique physiological and psychosocial considerations of pediatric and geriatric populations, other identifiable beneficiary, or health-related system.

<그림 2-3> ARPA-H BAA 사례

2) 영국

□ 고등연구발명국(Advanced Research and Invention Agency, ARIA)

- 혁신적인 신기술로 이어질 수 있는 고위험-고보상 연구를 지원하기 위해 설립되었으며('21), ARIA Drive는 최대 18개월의 단기간에 수행할 수 있는 고위험-고보상 연구 지원(과제당 최대 지원 한도는 25만 파운드 이내)
- **(제도적 특징)** 과학기술자 주도 하에 기술 발굴과 상용화 지원을 위한 R&D 로드맵을 구축, 신속한 자금 지원, 시드머니(seed money), 상금형 인센티브 등 펀딩에 대해서도 자유롭고 유연한 방식을 채택
 - **(PD 제도)** 영국에서 전례 없는 수준의 독립성과 운영의 자유를 바탕으로 과학자와 엔지니어로 구성된 8명의 PD가 이끌고 있음
 - **(독립적 CEO 체제)** 전반적인 조직 구조와 책임은 ARPA-E PD 출신인 CEO Gur 박사가 결정하며, 실패를 당연시하고 불가능을 가능으로 만든다는 신념과 도전으로 자금 분배 등 상당한 자율성을 부여받은 PD가 리더로서 프로그램을 기획·운영
 - **(추진방식)** 연구자가 보다 과격적이고 위험한 아이디어를 탐구할 수 있도록 유도, 프로젝트 선택·절차·제도에 대한 최대한의 자율성 부여, 프로그램 포트폴리오는 장관이 아닌 ARIA에서 결정하고, 연구 프로젝트 관련 자금 배분은 기술적 전문가가 결정
- **(예산)** 7년간 8억 파운드(1.2조원)의 예산이 투입되어 혁신적 기술변화를 창출할 수 있는 가진 프로그램을 중심으로 지원
- **(세부 프로그램)** 프로그래밍 가능한 식물과 식량안보, 자연 모사 컴퓨터 시스템 개발 등 혁신적인 기술과 과학적 진보를 통해 글로벌 문제 해결에 기여하는 연구개발을 추진 중

<표 2-4> ARIA에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)

프로그램명	설명
Programmable Plants and Food Security	프로그래밍 가능한 식물 및 식량 안보 기술 개발
Neuroscience and Neurotechnologies	신경과학 및 신경기술(신경과학과 첨단 공학 간의 기술 격차 해소에 중점)
Advancements in Optics for Health and Climate	건강 및 기후를 위한 광학 기술 진보(비침습적 광학 매핑 및 감지 기술 개발)
Redefining Computer Processing with Nature-Inspired Principles	자연에서 영감을 받은 원리로 컴퓨터 처리 재정의(효율적인 컴퓨터 시스템 개발)
Ensuring Safe Interaction of AI Systems with Real-World Applications	실세계 응용에서 AI 시스템의 안전한 상호작용 보장(신뢰할 수 있는 AI 시스템 개발)
Climate Intervention and Carbon Dioxide Reduction	기후 개입 및 이산화탄소 감소(대기 중 이산화탄소 감소 기술 탐구)
Robotics with Enhanced Physical Capabilities	향상된 물리적 능력을 가진 로봇(복잡한 환경에서 독립적으로 작동할 수 있는 로봇 개발)

3) 독일

□ 연방과괴적혁신기구(Bundesagentur für Sprunginnovation, SPRIN-D)

- 독일과 유럽에 경제적 이익을 가져올 수 있는 파괴적 혁신을 추구하며, 단기간 내에 높은 편익을 가져와 새로운 시장을 창출하거나 기존 시장에서 높은 시장 침투율을 달성하는 변화를 일으키는 것을 목표로 설립됨('19.12)
 - 유럽의 디지털화 솔루션 촉진, 생명과학, 환경 기술, 지속가능성 등 획기적인 혁신을 가속화할 수 있는 연구를 지원함
 - SPRIN-D는 점진적 혁신과는 구별되는 파괴적 혁신에 집중하는데, 점진적 혁신은 기존 제품의 성능을 개선하는 것이지만, 파괴적 혁신은 새로운 시장을 만들거나 기존 시장을 근본적으로 변화시키기 때문임
 - SPRIN-D는 자신의 연구와 전문 지식이 세상을 변화시킬 수 있다고 믿는, 동기 부여가 강한 전문가와 과학자를 찾고 있으며, 이들은 기존의 안전 지대에서 벗어나 새로운 관점을 배울 수 있는 개방성과 호기심을 가져야 함
 - SPRIN-D는 제출된 프로젝트를 철저히 검토하고 평가하는데, 2023년에는 1,400건의 신청서 중 약 7%가 파괴적 혁신의 잠재력을 보여주었다고 평가되었으며, 이중 3.5%가 추가적으로 추진되었음
- (제도적 특징) 관료적인 제약을 최소화하고, 민첩하고 유연한 연구 환경을 제공하고 있음
 - (상향식 주제 발굴) 특정 분야에 국한하지 않고 연구자가 직접 주제를 제안하는 상향식(Bottom-up) 방식의 프로그램을 운영, 챌린지 프로그램을 통해 모든 과학적, 기술적, 경제적, 사회적 도전과제를 지원
 - (운영 방식) 연구자가 연구 테마를 제공하면, 혁신관리자(IM)이 자금지원, 전문가 조언, 기업 지원(회계, 통제, 법률 자문 등), 팀원 지원
 - (의사결정) 여러 명의 전문가가 각 프로젝트를 대상으로 SPRIN-D의 활동 분야와 맞는지 여부를 분석한 후, 단계 통과한 프로젝트에 대하여 의사결정위원회(Decision-Making Committee)가 재검토하고 10명의 감독이사회(Supervisory Board)가 어떤 형태로 협력할 것인지를 최종 결정
- (세부 프로그램) 바이러스 치료, 암 치료를 위한 나노로봇 개발, 소형 이미징 광학 생산, 뇌-인지 데이터베이스 개발 등 주로 건강, 환경, 기후 분야에서 혁신적 해결책 모색

〈표 2-5〉 SPRIND에서 추진 중인 도전·혁신형 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)

프로그램명	설명
Virus Busters	바이러스 버스터스 (DNA 오리가미 기술을 이용한 바이러스 질병 치료)
Nanorobots in Cancer Therapy	암 치료를 위한 나노로봇 (Plectonic의 'LOGIBODies' 암 치료 접근법)
Strengthening Digital Sovereignty	디지털 주권을 위한 오픈소스 생태계 지원
Small Lenses, Big Impact	유럽 내 소형 이미징 광학 대량 생산
Let There Be Light	컴퓨터 산업을 위한 지속가능한 광학 프로세서 연구
Learning from the Brain	인간 뇌에서 영감을 받은 인지 데이터베이스 개발
Combining the Advantages of Two Worlds	식수 및 식품 안전을 위한 광학과 미생물학 통합
The New Industrial Revolution is Nano	나노기술 기반 의료 혁신
In the Far Distance, Yet So Close	의사소통을 위한 홀로덱 개발
Curative Destruction	알츠하이머 병 치료 방법 연구

〈표 2-6〉 SPRIND에서 프로그램 제안서를 평가하는 포괄적인 가이드라인

1. 프로젝트를 통해 달성하고자 하는 목표는 무엇인가요? 어떤 관련 문제를 해결하려고 하나요? (최대 1500자) 2. 프로젝트의 혜택을 받는 대상은 정확히 누구이며 잠재 고객은 누구인가요? (최대 800자) 3. 여러분의 잠재적 파괴적 혁신이 성공적으로 구현된다면 세상은 어떤 모습일까요? 우리의 삶이나 기존 시장 상황이 어느 정도 변화할까요? (최대 1500자) 4. 귀하의 접근 방식에서 새로운 점은 무엇인가요? 귀하의 아이디어가 파괴적 혁신인 이유를 설명하세요. (최대 1500자) 5. 구현을 어떻게 계획하시나요? 귀하의 접근 방식이 성공할 수 있는 이유를 설명하세요. (최대 800자) 6. 지금까지 이 문제를 어떻게 해결했나요? 현재 접근법의 한계나 약점은 어디라고 생각하시나요? (최대 1500자) 7. 누가 동일하거나 유사한 프로젝트를 진행하고 있나요? 다른 접근 방식이 있으며 그들과 어떻게 차별화되는가? (최대 1500자) 8. 프로젝트의 현재 상태는 어떤가요? 개발의 다음 단계는 무엇인가요? (최대 1500자) 9. 프로젝트 개발 과정에서 어떤 기술적 위험과 과제가 있다고 생각하시나요? 프로젝트에 반대하는 다른 요인이 있나요(예: 경제적 또는 사회적)? (최대 1500자) 10. 프로젝트의 기능이나 실현 가능성에 대한 개념 증명(예: 테스트 결과 및 데모)이 이미 있습니까? 그렇다면 해당 문서를 부록에 첨부해 주세요. (최대 1500자) 11. 프로젝트 비용은 얼마인가요? 어떤 작업 패키지를 정의하고 예상 비용은 얼마인가요? (최대 1200자) 12. 프로젝트에 소요되는 시간은 어느 정도이며 어떤 마일스톤에 언제 도달해야 하나요? (최대 1500자) 13. 재정적 지원 외에 SPRIND가 프로젝트에 어떤 도움을 줄 수 있나요? (최대 800자) 14. 작업 과정 또는 프로젝트 실현 후 성공을 어떻게 측정할 수 있나요? (최대 800자) 15. 자신과 팀의 특별한 강점은 어디라고 생각하시나요? 본인이나 팀에 추가 지원이 필요한 분야가 있나요? (최대 1500자) 16. 추가 의견(선택 사항):

4) 일본

□ 문샷형(Moonshot) 연구개발 제도

- 초고령화 사회, 지구 온난화 문제 등 사회적 과제에 대해 국가가 야심적 목표를 설정하여 도전적인 연구를 추진하고자 일본 종합과학기술혁신회의(CSTI)에서 착수('19.3.)
- **(제도적 특징)** 문샷 프로젝트는 연구자들이 혁신적인 아이디어를 자유롭게 탐구하고 실험할 수 있도록 하기 위하여 연구 관리와 자금 지원에 있어 상당한 유연성을 제공하고 있음
 - **(추진방식)** 관계부처가 연구개발을 추진하기 위한 전략협의회 설치, 문부과학성 등 관계부처는 「R&D Concepts」 구상하고 전략추진회의 최종 결정, 과학기술진흥기구(JST) 등 연구기관은 프로젝트 구상·자원배분·관리계획 수립
 - ※ 문샷 프로그램 9개 중 7개는 일본 내각부가 미래를 위해 도움이 될 수 있는 R&D를 Top-Down(하향식) 방식으로 선정하고 나머지 2개는 젊은 인재들의 아이디어를 모으는 Bottom-Up(상향식) 방식으로 R&D를 개시함
 - **(PD-PM 중심 관리 제도)** 문샷 9개 목표를 각각 담당하는 프로그램 디렉터(PD, 임기 5년) 임명, 프로젝트 매니저(PM, 임기 3년) 공모 및 선정, 중간평가 및 종료 평가 추진
 - ※ 현재(2023년 기준) 9명의 PD와 100명 내외 PM이 활동 중이며, PM은 외국 연구자 가능하나 아직 외국인 PM은 없음
- **(국제협력)** 2023년 기준으로 9개의 국제공동연구 프로젝트를 수행 중이며, 국제 파트너와 학생 및 교수진 교류를 촉진, 국제 컨퍼런스 및 워크숍, 오픈 액세스 출판물, 소셜 미디어를 사용하여 전 세계의 연구자 및 협력자들과 소통을 강화하고 있음
- **(예산)** 일본 정부는 문샷 연구개발 프로그램에 대해 5년 동안 1000억 일본 엔(약 10억 달러) 이상의 예산을 할당함
- **(세부 프로그램)** 모든 사람이 제약 없이 활동할 수 있는 사이버네틱 아바타 사회 구현, 정밀 의학, AI와 로봇의 혁신을 통한 사회 발전, 탄소 순환 및 환경 지속 가능성, 장수와 의학적 혁신, 양자 컴퓨팅, 건강한 장수를 위한 다양한 의료 접근, 날씨와 사회 시스템의 상호작용 및 제어, 정신 건강 및 공감 능력 증진 등 9개 테마로 프로그램 추진

<표 2-7> 일본에서 추진 중인 문샷형 연구개발제도 R&D 프로그램 현황(2023.12. 기준)

문샷목표	세부 프로그램 명
(1) Realization of a society in which human beings can be free from limitations of body, brain, space, and time by 2050 2050년까지 신체, 두뇌, 공간, 시간의 제약에서 벗어난 사회를 실현	- The Realization of an Avatar-Symbiotic Society where Everyone can Perform Active Roles without Constraint(아바타-공생 사회 구현) - Liberation from Biological Limitations via Physical, Cognitive and Perceptual Augmentation(신체적, 인지적, 지각적 증강을 통한 생물학적 한계 해방) - Cybernetic Avatar Technology and Social System Design for Harmonious Co-experience and Collective Ability(조화로운 공동 경험과 집단 능력을 위한 사이버네틱 아바타 기술 및 사회 시스템 디자인) - Structuring Spatiotemporal Environmental Information in the Body Using In-body Cybernetic Avatars(사이버네틱 아바타를 사용한 시공간 환경 구조화) - Realization of a Society that can Use Cybernetic Avatars Safely and Securely(사이버네틱 아바타를 안전하고 안정적으로 사용할 수 있는 사회 실현) - Reliability-ensuring Cybernetic Avatar Infrastructure Allowing Interactive Teleoperation(신뢰성 있는 사이버네틱 아바타 인프라 구축) - Realization of a Society Watched over by Remote Control of Intracellular Cybernetic Avatar(세포 내 사이버네틱 아바타의 원격 제어에 의해 감시)
(2) Realization of ultra-early disease prediction and intervention by 2050 2050년까지 초조기 질병 예측 및 개입 실현	- Comprehensive Mathematical Understanding of the Complex Control System between Organs and Challenge for Ultra-Early Precision Medicine(장기 간 복잡한 제어 시스템에 대한 포괄적인 수학적 이해 및 초조기 정밀 의학을 위한 도전) - Challenge toward the Control of Intractable Cancer through Understanding of Molecular, Cellular, and Interorgan Networks(분자, 세포 및 장기 간 네트워크 이해를 통한 난치성 암 제어에 도전) - Challenge for Eradication of Diabetes and Comorbidities through Understanding and Manipulating Homeostatic Systems(항상성 시스템 이해 및 조작을 통한 당뇨병 및 공존 질환 근절에 대한 도전) - Towards Overcoming Disorders Linked to Dementia based on a Comprehensive Understanding of Multiorgan Network(다기관 네트워크에 대한 종합적인 이해를 바탕으로 치매와 관련된 장애 극복을 향한 노력) - Understanding and Control of Virus-Human Interaction Networks(바이러스-인간 상호작용 네트워크의 이해 및 제어)
(3) Realization of AI robots that autonomously learn, adapt to their environment, evolve in intelligence and act alongside human beings, by 2050 2050년까지 자율 학습,	- Smart Robot that is Close to One Person for a Lifetime(평생동안 한 사람에게 가까운 스마트 로봇 실현) - Innovation in Construction of Infrastructure with Cooperative AI and Multi-Robots - Adapting to Various Environments(다양한 환경에 적응하는 협력형 AI 및 다중 로봇 인프라 구축 혁신) - Co-evolution of Human and AI-Robots to Expand Science Frontiers(과학 분야 확장을 위한 인간과 AI 로봇의 공진화) - Adaptable AI-enabled Robots to Create a Vibrant Society(활기찬 사회 창출을 위한 적응 가능한 AI 기능 로봇 개발) - New Life Spheres Opened up by AI Robots(AI 로봇에 의해 열린 새로

환경 적응, 지능 진화 및 인간과 공존하는 AI 로봇 실현	운 생명 영역) - AI & Robots that Harmonize with Humans to Create Knowledge and Cross Its Borders(AI 로봇이 지식을 창출하고 경계를 넘어 협력하는 데 기여) - AI Robots which Help to Envision Promising Future Together with Users and Encourage Action toward It(사용자와 함께 유망한 미래를 상상하고 행동을 촉구하는 AI 로봇) - Intelligent Multi Agents for Exploration and Settlement in Unknown and Unexplored Areas(알려지지 않은 지역에서의 탐사와 정착을 위한 지능형 다중 에이전트) - Awareness AI Robot System for Leading Proactive Behavior Improvement(선도적인 행동 개선을 위한 인식형 AI 로봇 시스템) - New World of Inspiration by Co-evolution of Humans, AI Robots, and Biological Cyborgs(인간, AI 로봇 및 생물학적 사이보그의 공진화로 새로운 영감의 세계를 개척) - Self-evolving AI Robot System for Lunar Exploration and Human Outpost Construction(달 탐사 및 인간 기지 건설을 위한 자체 진화형 AI 로봇 시스템)
(4) Realization of sustainable resource circulation to recover the global environment by 2050 2050년까지 지구 환경을 회복하기 위한 지속 가능한 자원 순환의 실현	- Development of a bioprocess that uses electrical energy to fix atmospheric CO₂(대기 중 이산화탄소 (CO₂) 고정을 위해 전기 에너지를 사용하는 생물 공정 개발) - Development of highly efficient direct air capture (DAC) and carbon recycling technologies(고효율 직접 대기 포집 (DAC) 및 탄소 재활용 기술 개발) - Integrated Electrochemical Systems for Scalable CO₂ Conversion to Chemical Feedstocks(확장 가능한 CO₂ 화학 원료로의 통합 전기화학 시스템) - C4S(Calcium Carbonate Circulation System for Construction) Research and Development Project(건설용 칼슘 탄산염 순환 시스템 (C4S) 연구 및 개발 프로젝트) - Research and development toward saving energy for direct air capture with available cold energy(이용가능한 냉각 에너지로 직접 대기 포집에 에너지 절약을 위한 연구 개발) - Development of Combined Carbon Capture and Conversion (quad-C) Systems for the Utilization of Atmospheric CO₂(대기 CO₂ 활용을 위한 결합된 탄소 포집 및 전환 (quad-C) 시스템 개발) - Development of Global CO₂ Recycling Technology towards "Beyond-Zero" Emission("제로 이상" 배출을 위한 세계적인 CO₂ 재활용 기술 개발) - Mitigation of greenhouse gas emissions from agricultural lands by optimizing nitrogen and carbon cycles(농경지의 질소와 탄소 순환을 최적화하여 온실 가스 배출 완화) - Redesign of macroalgae for highly efficient CO₂ fixation by functional modifications and their product generation(기능적인 수정을 통한 고효율 CO₂ 고정을 위한 대형 해조류 재설계 및 제품 생성) - Development of next-generation CO₂-fixing plant through the gene optimization, distant hybrid, and microbial symbiosis(유전자 최적화, 원격 교배 및 미생물 공생을 통한 차세대 CO₂ 고정 식물 개발) - Agrobiotechnological Direct Air Capture towards Carbon Circulation

	Society(탄소 순환 사회를 향한 농업 생물학적 직접 대기 포집) - Advanced enhanced rock weathering (A-ERW) technology actively combined with site characteristics(현장 특성과 적극적으로 결합된 고급 개량 암석 날씨링 (A-ERW) 기술) - Feasibility study of enhanced mineralization based on LCA/TEA platform(LCA/TEA 플랫폼을 기반으로 한 향상된 광물화 가능성 연구) - Innovative circular technologies for harmful nitrogen compounds(해로운 질소 화합물을 위한 혁신적인 원형 기술) - Development of recovery and removal techniques of dilute reactive nitrogen to realize nitrogen circulating society(질산 순환 사회를 실현하기 위한 희석 반응성 질소의 회수 및 제거 기술 개발) - Development of Multi-lock Biopolymers Degradable in Ocean from Non-food Biomasses(비식품 생물 질량에서 해저 분해 가능한 다중 잠금 바이오폴리머의 연구 및 개발) - Research and development of marine biodegradable plastics with degradation initiation switch function(해저 분해 시작 스위치 기능을 갖춘 해양 분해 가능한 플라스틱의 연구 및 개발) - Development of photoswitching ocean-degradable plastics with edibility(섭취 가능한 해양 분해 가능한 플라스틱의 광선택 해양 플라스틱의 연구 및 개발)
(5) Creation of the industry that enables sustainable global food supply by exploiting unused biological resources by 2050 2050년까지 활용되지 않은 생물 자원을 활용하여 지속가능한 세계적인 식품 공급을 가능하게 하는 산업 창출	- Achieving zero food risks by improving crop robustness using cyber-physical systems(식량의 견고성 향상을 통해 식품 위험을 제로로 달성하기) - Building a platform for sustainable farming by environmental control based on the microbe atlas of the soil(토양 미생물 아틀라스를 기반으로 한 환경 제어를 통한 지속 가능한 농업 플랫폼 구축) - Bio-economical food production system using circular cell culture of algae and animal cells(해조 및 동물 세포 원형 세포 배양을 활용한 생물 경제적 식품 생산 시스템) - Realization of zero pest damage agriculture by making full use of advanced physical methods and unused biological functions(고급 물리적 방법과 사용되지 않은 생물학적 기능을 활용하여 농업에서의 해충 피해 없애기) - Realization of a new livestock production system to reduce methane by 80% through complete control of the bovine rumen microbiome(소화기 미생물 군집을 완전히 제어하여 메탄을 80% 감소시키는 새로운 축산 생산 시스템 구현) - Insect-Based Sustainable Food Production Systems toward Global Food Security and Human Space Exploration Project(전 세계적인 식량 안보 및 인간 우주 탐사 프로젝트를 위한 곤충 기반 지속 가능한 식품 생산 시스템) - Creation of Next-Generation Food Supply Industrial Chains for a Natural Capitalism Society(자연주의 경제 사회를 위한 차세대 식품 공급 산업 체인 창출)
(6) Realization of a fault-tolerant universal quantum computer that will revolutionize economy, industry, and	- Research and Development of Theory and Software for Fault-tolerant Quantum Computers(내결함성 양자 컴퓨터에 대한 이론 및 소프트웨어 연구 및 개발) - Development of Quantum Interfaces for Building Quantum Computer Networks(양자 컴퓨터 네트워크 구축을 위한 양자 인터페이스 개발)

security by 2050 2050년까지 경제, 산업 및 보안을 혁신할 내결함성 범용 양자 컴퓨터의 구현	- Fault-tolerant Quantum Computing with Photonically Interconnected Ion Traps(광학적으로 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(네트워크된 양자 컴퓨터를 갖춘 양자 사이버 스페이스) - Development of Integration Technologies for Superconducting Quantum Circuits(초전도 양자 회로의 통합 기술 개발) - Large-scale quantum hardware based on nanofiber cavity QED(나노 광섬유 캐비티 QED를 기반으로 한 대규모 양자 하드웨어) - Large-scale and high-coherence fault-tolerant quantum computer with dynamical atom arrays(고밀관성의 대규모 내결함성 양자 컴퓨터와 동적 원자 어레이) - Development of a Scalable, Highly Integrated Quantum Error Correction System(확장 가능하고 고도 통합 양자 오류 수정 시스템 개발) - Development of scalable Silicon quantum computer technology(확장 가능한 실리콘 양자 컴퓨터 기술 개발) - Scalable and Robust Integrated Quantum Communication System(확장 가능하고 견고한 통합 양자 통신 시스템 개발)
(7) Realization of sustainable care systems to overcome major diseases by 2040, for enjoying one's life with relief and release from health concerns until 100 years old 2040년까지 주요 질병을 극복하기 위한 지속 가능한 치료 시스템 실현, 건강 걱정 없이 100세까지 안심하고 삶을 즐기는 것을 가능하게 하는 것	- Mitochondrial Medicine(미토콘드리아 의학) - Development of method for complex tissue regeneration via tissue embryonization (조직 배아화를 통한 복잡한 조직 재생 방법 개발) - Realization of innovative medical systems that extend healthy lifespan to 100 years old by eliminating tissue inflammation-inducing cells(조직 염증 유발 세포 제거를 통해 건강한 수명을 100세까지 연장하는 혁신적인 의료 시스템 실현) - Quantum and neuromodulation technologies to suppress tissue-specific disease-related microinflammation(조직별 질병 관련 미세 염증 억제를 위한 양자 및 신경 조절 기술) - Development of new-generation medical care systems through customizing sleep and hibernation(수면 및 동면 맞춤형을 통한 새로운 세대 의료 시스템 개발) - Bring hospital into home toward controlling inflammation at home (염증을 통제하기 위한 병원을 집으로 가져오기) - Understanding and harnessing the role of the gut microbiome in healthy longevity(건강한 장 내 미생물의 역할을 이해하고 활용하기) - Actualization of a cancer-free society through regulation of chronic inflammation(만성 염증 조절을 통해 암이 없는 사회 실현) - A world of zero cancer risk created by rejuvenation using cell lineage conversion(세포 계통 변환을 통한 회춘을 통해 암 위험도가 없는 세상 실현)
8) Realization of a society safe from the threat of extreme winds and rains by controlling and	- Control Theory of Weather-Society Coupling Systems for Supporting Social Decision-Making(사회 결정 지원을 위한 날씨-사회 결합 시스템의 제어 이론) - Typhoon Control Research Aiming for a Safe and Prosperous Society(안전하고 번영하는 사회를 위한 태풍 제어 연구)

modifying the weather by 2050 2050년까지 날씨를 조절하여 극한 바람과 비의 위협으로부터 안전한 사회 실현	- Heavy Rainfall Control for Living Together with Isolated-Convective Rainstorms and Line-Shaped Rainbands(격리된 대류성 폭풍 및 선형 강우대와 함께 고량 강우 제어) - Quantifying Weather Controllability and Mitigatable Flood Damage Based on Ensemble Weather Forecast(날씨 예보 기반 날씨 조절 가능성 및 홍수 피해의 양적 평가) - Estimation and Control of Air-Sea Momentum and Heat Fluxes of Typhoons(태풍의 공기-바다 운동량 및 열량 흐름의 추정 및 제어) - Development of an Atmospheric Simulation Model for Estimating the Probability of Local Atmospheric Phenomena(지역 대기 현상의 발생 확률 추정을 위한 대기 시뮬레이션 모델 개발) - Actuator Position Optimization for Large-Degree-of-Freedom Fields (대규모 자유도 필드에 대한 액추에이터 위치 최적화) - Development of Unmanned Marine Observation Vehicles Essential for Forecasting and Monitoring of Typhoon Artificial Control(태풍 인공 제어의 예측 및 모니터링을 위한 필수적인 무인 해양 관측 장치 개발)
(9) Realization of a mentally healthy and dynamic society by increasing peace of mind and vitality by 2050 2050년까지 평화로움과 활력을 높여 정신적으로 건강하고 활기찬 사회를 실현	- Integration of Asian humanities and brain informatics to enhance peace and compassion of the mind (정신적 평화와 자비심을 높이기 위해 아시아 인문학과 뇌 정보학 통합) - 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 "Jizai Hon-yaku-ki (의사 번역기)" 개발) - Freedom of Mind and Value Co-Creation through Decentralized Data Management (분산 데이터 관리를 통한 마음의 자유와 가치 공동 창출) - Maximizing well-being and agency on the basis of interpersonal comparison of brain indicators (뇌 지표의 상호 비교를 기반으로 웰빙과 능동성 극대화) - Realization of a society where people can live a forward-looking life in the face of adversity (역경 속에서도 앞을 보며 살 수 있는 사회 실현) - Innovation in "Mental Capital" through Awareness Music and creation of new liberal arts (의식적인 음악과 새로운 자유 예술을 통한 "정신적 자본" 혁신) - Protecting children's intellectual curiosity and individuality to realize a dynamic society (동적 사회를 실현하기 위해 어린이의 지적 호기심과 개성 보호) - Understanding the cognitively regulatory basis of food value that controls feeding behaviors (먹는 행동을 조절하는 음식 가치의 인지 조절 기반 이해) - Brain science towards visualization and manipulation of the mind (마음의 시각화와 조작을 향한 뇌 과학) - Construction of an AIoT-based universal emotional state space and evaluation of well-being/ill-being states (AIoT를 기반으로 한 범용 감정 상태 공간 구축 및 웰빙상태 평가) - Child care commons: Proposing social infrastructure allowing others to substitute parental roles (부모의 역할을 대신할 수 있는 다른 이에게 기회를 제공하는 사회 인프라) - Elucidation of the mechanism of serotonin over optimism and pessimism (낙관주의와 비관주의에 대한 세로토닌의 메커니즘에 대한 해명)

5) 기타

□ 호주 DARPA형 프로그램

- (특징) 중국과의 연구 협약에 대한 의존성을 줄이고 미국과의 협력을 강화하여 대학의 국가 안보 연구를 강화하고자 DARPA를 벤치마킹하여 호주형 DARPA 프로그램을 기획, 관련 논의가 활발히 진행 중
- ASRA는 미국 DARPA 및 영국 ARIA 등과 협력하여 '새로운 파트너십을 통해 기술 공유 및 연구 개발에 대한 호주의 참여를 촉진'하고자 할 것임
- ASRA는 기존의 공공 부문 관행과는 다른 조직 구조, 인력, 조달 절차 및 위험 감수 문화에 도전할 것으로 예상되고 있으며, 프로그램 관리자의 제한된 임기, 독립적인 의사 결정, 위험 감수 및 실패에 대한 개방성을 특징으로 하되 위험 감수와 실패에 대한 관용을 포함해야 할 것으로 제안됨
- ※ 호주 노동당(ALP)은 2022년 연방선거를 앞두고 국방부 내에 고등전략연구기획국(ASRA:Advanced Strategic Research Agency)을 설립하기로 약속함

□ 네덜란드 ZonMw Off Road 프로그램

- (특징) 젊은 연구자 대상 6개월~2년 내 소규모 시드연구비 지원을 통해 아이디어를 개념증명으로 발전시킬 수 있는 기회 제공, 본격 투자에 앞서 유망한 아이디어의 위험을 줄이고 도전연구의 효율화 도모
- 네덜란드의 ZonMw Off Road 프로그램은 혁신적인 아이디어를 개념 증명(proof of concept) 단계로 발전시키는 데 중점을 두고 있음
- 이 프로그램은 장기적인 성격을 가진 개발 아이디어에 초점을 맞추면서도, 해당 개념 또는 아이디어 뒤에 있는 가설을 시험하고 이를 개념 증명으로 발전시키는 프로젝트에 집중함
- ZonMw는 2015년 이 프로그램을 시작했으며, 길고 복잡한 프로젝트 제안서나 이력서, 문헌 목록 대신 혁명적인 아이디어와 연구가 수행되어야 하는 이유를 간단하고 명료하게 설명하는 방식을 채택하고 있음
- 이 프로그램은 젊은 (생)의학 및 건강 관리 연구자들이 의료 및/또는 건강 관리 연구에 대한 새로운 통찰력과 예기치 않은 돌파구를 실현할 수 있도록 도전함

□ 스위스 국립과학재단 Sinergia Grants

- (특징) 2명~4명 이하의 다학제간 연구 그룹을 대상으로 1~4년, 최대 320만 스위스 프랑을 지원하며, 중요한 과제 해결 또는 새로운 접근 방

식을 제시하거나 기존 모델과 이론에 도전하는 연구를 지원

- 이 프로그램은 최소 2명에서 최대 4명의 신청자가 함께 신청할 수 있으며, 이들 신청자는 스위스 내 고등 교육 기관 또는 기타 연구 기관에 소속될 수 있고 필요한 경우 한 명의 신청자는 스위스 외부에 소재할 수 있음
- 학제 간 연구, 공동 연구, 획기적인 연구의 요건을 충족해야 하며, 과학적, 기술적, 경제적, 사회적 도전과제를 해결할 수 있는 연구를 지원
- 심사자와 지원자가 서로 신원을 알지 못한 채로 선정, 지원자에 대한 편견을 배제하고 도전성만을 평가

□ 프랑스 ANR(National Research Agency) OH Risk 프로그램

- (특징) 새로운 개념의 실행 가능성을 입증하거나 과학 문헌에 실제 선행이 없는 연구 영역을 개발하는 초기 연구를 포함하는 과제 지원
- 프랑스 국립연구청(ANR)의 "OH Risk" 프로그램은 과학적으로 높은 위험성을 가지지만, 과학, 기술, 경제적으로 큰 영향을 미칠 수 있는 탐험적 연구 프로젝트에 자금을 지원하며, 아직 탐험되지 않은 새롭고 혁신적인 연구 분야를 장려하고 성공 시 매우 높은 잠재력을 가진 파급 효과를 목표로 함
- 2014년에 시작된 이 프로그램은 초기에 2년 동안 프로젝트를 자금 지원하며, 목표 달성 시 최대 2년 더 연장할 수 있으며, 이 프로그램은 실험적인 기반으로 시작되었으며, 제한된 수의 제안만을 기대함
- 제안된 아이디어, 과학적으로 논리적인 근거, 프로젝트의 성공 가능성에 대한 논의, 이전 연구로부터의 독창성 및 성공 시 과학적 지식, 기술 개발, 잠재적 경제적 이익에 대한 영향 평가를 포함하는 단일 제출 문서를 중심으로 선정 평가를 실시함

□ 캐나다 NFRF(New Frontiers in Research Fund) Exploration 프로그램

- (특징) 다학제 및 상호 학제적 연구, 혁신적이며 도전적인 고위험 및 고보상 연구를 지원하며, 조기 경력 연구자 및 국제적 연구 협력을 강화하여 다양한 연구 주제에 대한 새로운 지식과 기술의 발전을 촉진
- 이 프로그램은 연구자들이 현재 패러다임을 도전하고, 예상치 못한 방식으로 학문 분야를 결합하는 연구를 수행하도록 장려함
- 혁신적인 관점에서 연구를 진행하며, 혁신이 종종 위험을 수반한다는 점을 인정하며, 중대한 영향을 미칠 수 있는 고위험 연구 프로젝트에 대한 제안을 강력히 권장하고 있음

2.3 국내 추진 현황 및 여건

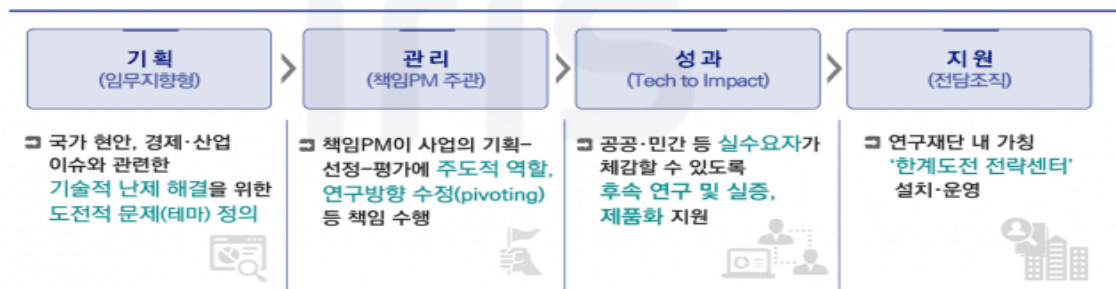
1) 국내 도전·혁신 R&D 추진 현황

□ 과학기술정보통신부 한계도전 연구개발 프로젝트('23 신규)

○ (특징) 도전적 목표 하에 국가적 난제를 신속하게 해결하고, 사회·경제적 체계(패러다임)의 변화를 일으키는 변혁적 기술 개발을 변화하는 환경 속에서 유연하게 수행할 수 있도록 책임 프로그램 매니저(PM) 중심의 도전·혁신적 연구개발 체계를 정착시키는 것을 목표로 함

- 연구재단 내 '한계도전 전략센터'를 신설하여 프로젝트를 밀착지원하고 PM이 기획, 선정, 평가, 성과 관리 등 연구개발 전주기에 걸쳐 권한과 책임을 가지고 사업을 이끌어 나가는 역할 수행(그림 2-4)
- 개발 기술에 대한 문제정의부터 기획, 과제 관리, 평가 등 연구개발 전반에 참여하는 책임 PM제도를 운영(책임PM이 사업의 기획-선정-평가에 주도적 역할을 하며 상황 변화에 따른 연구방향 수정(pivoting) 등 책임수행)

※ 책임 PM은 3년 근무를 기본으로 하고, 연장계약 등을 통해 최대 2년까지 기간 연장



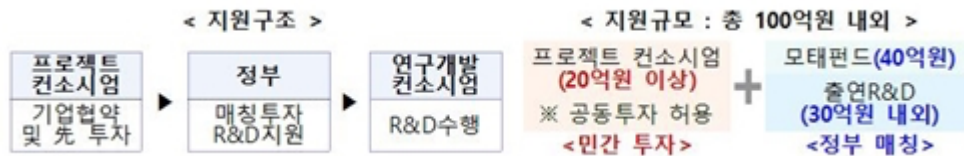
<그림 2-4> 한계도전 R&D 추진 전략

□ 중소벤처기업부 고위험·고성과 기술개발(R&D) 프로젝트('23 신규)

○ (특징) 민간주도의 기술수요 발굴, 전문가 참여와 기획 고도화, 연구 자율성 보장 및 PM의 전주기 관리, 스케일업 팁스(TIPS) 방식의 지원, 컨소시엄 구성시 대규모 지원 등

- 프로젝트는 민간에서 발굴한 국가전략기술 등의 기술수요를 바탕으로 시작되며, 전문가의 참여를 통해 프로젝트 기획을 고도화하고 최종적으로 딥테크챌린지위원회를 통해 확정
- 연구개발 목표 수정을 허용하여 연구 자율성을 보장하며, 프로젝트 매니저(PM)를 통한 전주기 관리를 수행함

- 민간이 투자를 통해 기업을 추천하면, 정부가 평가하여 선정하는 방식인 '스케일업 팁스' 방식의 지원을 도입함(그림 2-5)
- 기업, 연구소, 대학 등과 컨소시엄을 구성할 수 있으며, 최대 100억원 규모의 지원을 받을 수 있음



<그림 2-5> 위험·고성과 R&D 프로젝트 지원 구조 및 규모

□ 보건복지부 한국형 ARPA-H 프로젝트('23 신규)

- (특징) 미래의 바이오 디지털 헬스 산업 전망과 글로벌 보건 안보 위기 등 민관 합동으로 해결이 필요한 과제를 지원하며, 현장의 수요를 반영하여 목표 달성을 위한 융복합·다학제적 과제를 PM이 직접 기획하고 다수의 과제가 경쟁하는 경쟁형 R&D 도입
- 신속대응 가능한 별도의 R&D 트랙 마련, 임무중심적 연구를 통한 성과도출 지원, 목표달성을 위한 지속지원 등 추진(그림 2-6)
- 보건산업진흥원 내 전문지원조직으로 마련하되, 추진단 독립성을 보장하고 관료제를 최소화해 PM을 중심으로 유연하고 신속하게 연구과제를 관리할 계획임



<그림 2-6> 한국형 ARPA-H 프로젝트 개요

□ 과학기술정보통신부 혁신도전프로젝트('20 착수)

○ (특징) 민간 PM(추진단장) 주도의 연구테마 발굴 및 기획 지원, 기존 기술로드맵에서 벗어난 Bottom-Up 방식의 연구 테마 발굴

- 과학기술혁신본부 주관 하에 매년 5개씩, 4년 간 총 20개 사업 기획, 기획 완료후 R&D사업은 개별부처 예산에 반영하여 별도 추진(그림 2-7)

- 추진단이 과제를 기획하고(예산확보), 주관 및 참여부처는 사업단 운영을 지원하며, 각 사업단장이 사업별 기획·선정·평가 등 R&D 쉼주기를 관리하는 방식으로 운영됨

※ 주요 절차 : 연구테마 공모(추진단) → 후보테마 선정(연구테마심의위원회) → 관계부처 협의(추진단) → 연구테마 검증(외부평가) → 연구테마 확정(추진위)

※ 진행 상황: 3년간('20~'22) 총 15개 연구테마 발굴 및 기획(年5개)



<그림 2-7> 혁신도전프로젝트 추진 절차

□ 과학기술정보통신부 과학난제도전융합연구개발사업('20 착수)

○ (특징) '20년부터 '25년까지 기초과학과 공학 간 융합연구를 통해 해결 및 선도가 가능한 미개척 과학난제 분야에 대해 새로운 초융합을 통해 돌파(Breakthrough), 세계 최초로 시도하는 연구를 지원하며 연구단을 밀착 지원하는 '과학난제도전협력지원단' 조직 운영(그림 2-8)

- 최고 석학(과학기술한림원 등), 다수 연구자, 전문가 등의 집단지성을 활용하여 과학난제 검토·발굴 후 기획·선정



<그림 2-8> 과학난제도전융합연구개발사업 개요

□ 산업통상자원부 알키미스트 프로젝트

○ (특징) '20년부터 '31년까지 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 수 있는 경제·사회적 파급효과가 큰 도전적·혁신적 핵심원천기술개발

- 각계 최고 민간전문가로 구성된 그랜드챌린지위원회에서 혁신적 테마를 발굴하고, 테마별 3단계 스케일업 경쟁형 R&D 수행(그림 2-9)
- 토너먼트형식의 경쟁형 R&D를 채택하여 단계별 평가를 수행하고 3단계 R&D(PM 전담관리) 방식 도입 및 기업멤버십 운영을 통한 성과확산

※ 주요 절차: 개념연구(6배수/1년) → 선행연구(3배수/1년) → 본연구(1배수/5년)

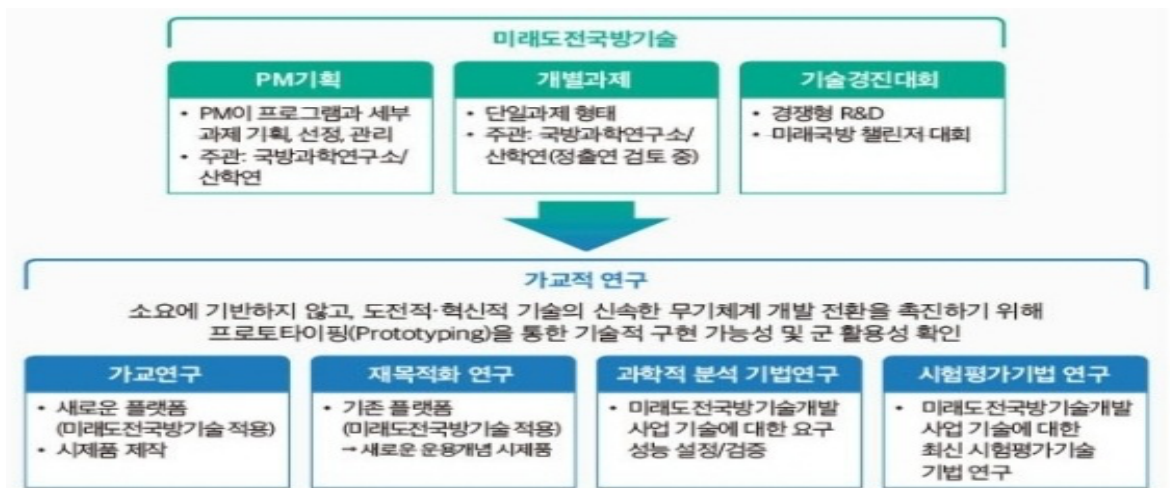


<그림 2-9> 알키미스트 프로젝트 추진 절차

□ 방위사업청 미래도전국방기술개발사업('18 시범사업 시작)

○ PM이 단일 연구 목표 아래 여러 세부 과제의 프로그램을 기획하고, 연구기관 선정 및 관리를 총괄하며, 개별 과제, 가교 연구, 기술 경진대회 등 다양한 방식으로 구성됨(그림 2-10)

- 2023년에는 약 3,559억 원의 예산이 할당되었으며, 이는 국방 기술 개발 예산의 약 12%에 해당됨
- 8대 Game Changer를 기반으로 하는 78건의 과제가 기획되었으며, 이에 약 7,600억 원 규모의 예산이 소요될 것으로 예상되며 Game Changer 분야에는 우주, 미래 통신 및 사이버, 인공지능, 양자물리, 합성바이오, 에너지, 무인자율, 극초음속 등이 포함함



<그림 2-10> 미래도전국방기술개발사업 개요

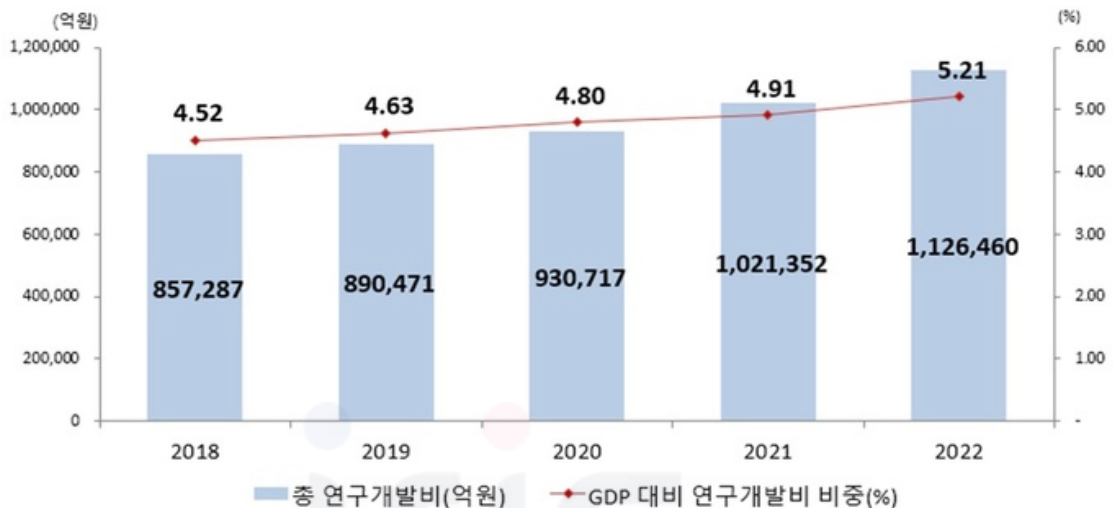
〈표 2-8〉 국내 도전·혁신 프로젝트 R&D 비교

구 분	과학난제도전융합연구	한계도전 프로젝트	혁신도전 프로젝트	알키미스트 프로젝트
시작년도	2020년	2023년	2020년	2019년
사업목적	융합연구를 통해 과학난제에 도전하고 혁신적인 연구 성과 창출	국가적 현안해결 및 경제사회 패러다임을 바꿀 수 있는 변혁적 기술을 개발, High-Risk High-Return R&D 체계구축	부처 간 칸막이를 넘어 국가차원의 초고난도 R&D 을 통해 국가문제해결 및 미래 혁신선도 산업 창출	산업의 난제 해결에 도전하는 기술개발을 통해 경제사회적 파급력 높은 기술 확보
추진체계	· 협력지원단 산하에 사무국 + 3개 위원회(정책위원회, 기획조정위원회, 전문위원회)	· 한계도전전략센터(NRF 산하 독립조직) · 한계도전R&D 위원회+책임PM(반도체, 바이오, 재난대응, 기후·에너지, 기타 분야 등)	· 혁신도전프로젝트 추진위원회 : 정부·민간·추진단장(총괄PM) 등 25인 내외 · KISTEP내 추진단장과 추진단 구성 · 추진단장(총괄PM) : 임기4년(연임 가능)	· 산업통상자원부 : 사업심의위원회 운영 · 산업기술기획평가원(전담기관) : 평가회의 · 주관기관 : 대학·연구소 등 비영리기관
지원기간 및 규모	· 지원기간 : 5년(3+2), · 연구비 : 20억/년	· 2023년 : 시범사업 예정이었으나 미 실시 · 2024년 : 3년 간 지원, 10억/년	· 지원기간: 5 - 7년	· 지원기간 : 1단계(2년), 2단계(5년 내외) · 지원규모 : 1단계(5억), 2단계(50억/년)
핵심내용	· 과제도출 : 분야 전문가, 연구자, 시민 · 기관별 역할 과학난제도출(협력지원단), 연구수행(융합 연구단), 사업평가/관리(한국연구재단)	· PM 역할이 사업추진의 핵심(임기(2년), 최대(6년)까지 1년씩 연장) · DARPA(미국) PM과 같이 연구책임자, 과제선정, 평가 등 전 주기적 관리책임	· 과제도출 : 추진단장 주관으로 5개발굴/년 · 부처/기관(과기정통부·kistep)은 사업추진단장(총괄PM)·사업단장(전담PM)에 대한 불필요한 간섭배제(최대한 자율성을 보장)	· 난제 발굴 : 그랜드챌린지 발굴위원회(총 60인의 산학연 민간전문가(5개 분야)) · 연구수행방식 : DARPA 경쟁방식 도입(선행연구->본연구)
기타 사항	-	· 23년 시범사업 미 실시 및 24년 추진계획 미수립 등 아직 사업추진체계(계획) 미흡	· 운영관리규정(제15조)에 의거한 정부의 불필요한 간섭배제에 대한 실효성 검토필요	· 근거법령 : 산업기술혁신촉진법

2) 국내 도전·혁신 R&D 생태계 분석

□ (정부 투자 및 정책) 정부는 연구개발에 대한 지속적인 투자를 통해 국가의 기술 경쟁력을 강화하고 있음

○ 우리나라 공공 및 민간영역에서 수행된 R&D활동 현황을 조사·분석한 'R&D활동조사 결과'에 따르면, 2022년 기준 국내총생산(GDP) 대비 연구개발비 비중은 세계 2위임(그림 2-11)



<그림 2-11> 우리나라 총 연구개발비 및 GDP 대비 연구개발비 비중 추이

○ 도전·혁신형 R&D 사업(주요 5개) 정부예산은 '20~'23년간 총 9,822억 원이며, '23년의 경우 정부 R&D 총 예산(31.1조원) 대비 1.4%(4,367억 원) 수준인 것으로 조사됨

<표 2-9> 국내 도전·혁신형 R&D 투자 현황

프로젝트명	2020년	2021년	2022년	2023년
알키미스트 프로젝트(산업부)	118.0	130.0	200.0	240.0
혁신도전프로젝트(과기/환경/복지부)	52.8	79.0	221.8	453.5
과학난제도전융합연구개발(과기부)	25.0	75.0	105.0	106.0
미래도전국방기술개발(방사청)	580.0	1,204	2,664.2	3,559.7
창의도전형융복합모델개발(농림부)				7.5

○ 정부는 그간 도전적 R&D 촉진을 위한 법령과 정책⁸⁾을 마련하고, 다양한 도전·혁신형 R&D 프로그램을 추진해오고 있음

6) KISTEP.(2023), 2022년 국가연구개발사업 조사·분석 보고서

7) 미국은 '21년 DARPA 예산이 전체 R&D예산(1,439억불)의 2.4% 수준(35억불)

8) (법령) 도전적 연구개발 촉진 규정(과학기술기본법§5의2, 국가전략기술육성특별법§0)
(정책) 임무중심R&D 혁신체계 구축전략('22), 제5차 과학기술기본계획('22) 등

- 2021년 과학기술기본법 제15조의2(도전적 연구개발의 촉진)항을 신설하고 ▲도전적 R&D 촉진 ▲경쟁형 및 후불형 R&D 추진 근거 마련 ▲R&D 계속비 제도 도입 등을 위한 법적 기반이 마련됨

□ **(글로벌 과학기술 혁신 역량)** WEF 국가경쟁력 순위는 세계 13위이며('19), 혁신역량(6위) 및 ICT 보급(1위)에서 강점을 보이고 기업역동성(25위), 제조(26위) 등에서 약점을 보임

○ 2022년 국가 과학기술혁신역량평가(COSTI) 결과⁹⁾에 따르면, 자원(5위) 및 활동(3위) 부문에서 우수하나 환경(23위) 부문에서 저조함

- 인적자원, 조직, 지식자원 측면에서 상대수준은 1위국 대비 낮은 수준이지만, 연구인력·조직 등 혁신자원에 대한 투자가 지속적으로 확대되고 있는 것으로 조사됨
- 특히, 상근상당 연구원 수를 기준으로 한 경제활동 인구 천 명당 연구원 수와 인구 천 명당 연구원 수는 각각 17.4명, 9.5명으로 세계 1위 수준으로 조사되었음
- 또한, 산·학·연 협력은 6위로 활발하게 이루어지고 있으며, 기업간 협력(12위)은 순위가 상승하고 있으나 국제협력 부문에서 약점을 보임(34위)
- 한국의 산·학·연 협력 지수는 OECD 국가들의 평균(0.482점)보다 높은 수준이며, '18년을 제외(44.2%)하면 한국의 산·학·연 협력 항목의 상대수준은 '14년부터 50% 이상임
- 물적 인프라는 9위로 비교적 상위권인 ICT 환경을 보유하고 있으나, 지원제도(29위)와 문화(27위)는 25위권 밖으로 나타남

○ 최고기술 보유국(美) 대비 기술수준은 80.1%('20)로 2018년 대비 3.2%p 상승했으며 기술 격차는 EU 0.7년, 일본 2.0년, 한국 및 중국은 3.3년임

○ 한국의 기초단계 연구역량은 '보통', 응용·개발단계는 '우수'로 평가되고 있으며, 연구개발 활동경향은 '상승'중인 것으로 평가되고 있음

□ **(기존 R&D 체계의 혁신 저해 요소)** 기존 R&D 시스템 하에서는 신속하고 유연한 연구개발 환경을 제공하는 데 있어 제약이 있음

○ **(컨트롤 타워의 역할 미흡)** 범 부처 연구개발을 통제·조정할 수 있는 컨트롤 타워 역할이 미흡하여 부처 간 이기주의(Silo Effect) 발생

- 그간 추진되었던 도전·혁신형 R&D 프로그램은 전담기관 없이 예산사업으로 추진하여, 사업중복에 따른 비효율, 사업중단에 따른 지속성 확보 곤란 등의 한계가 있어 음(국가과학기술자문회의, 2023)

9) 한국과학기술기획평가원은 2006년부터 매년 국가 과학기술혁신역량평가를 실시하고 있으며, 2022년에는 데이터 가용성이 확보된 OECD 36개국의 상대적 혁신역량을 비교·분석함

- 혁신기술 창출을 위해서는 연구성과를 지속적·체계적으로 진전(build-up)시켜야 하지만, 예산사업은 한시적으로 진행되어 성과 창출 애로가 있다고 분석됨
 - 국가 차원에서 해결이 필요한 전략적 임무와의 연결성 및 연계성이 부족하며, 도전적 목표 설정이 부족하고 도전·혁신형 R&D 특성에 맞는 인센티브, 관리제도, 가이드라인의 부재로 인해 혁신 창출을 지원하기 어려운 구조라고 지적됨
 - 전문기관, 위원회, 부처 등 상위 구조와 R&D 관련 상위법·규정으로 인한 PM 역할 및 권한의 한계가 존재하고 일반 R&D와 동일한 예산편성 구조, 부처별 중복된 사업 및 전용 예산 부재로 인해 사업의 지속성 유지가 어려운 실정임
- **(단기 성과 지향)** 연구의 성공을 단기적인 성과나 출판 수로만 평가하는 경향이 있으며, 이는 장기적인 관점에서의 혁신적인 연구를 억제할 수 있음(한국연구재단, 2022)
- 연구 평가 지표에 단기적인 성과 지표 (예: 논문 수, 특허 수)가 지나치게 강조되는 경향이 있으며, 장기적인 성과를 기대하는 혁신적 프로젝트의 평가 및 지원 부족
- **(과도한 관료제와 규제)** 복잡한 관료적 절차와 느린 의사결정 과정은 신속한 기술 발전과 시장 변화에 민첩하게 대응하는 데 장애가 될 수 있음
- 한국의 R&D 시스템은 과도한 관료제와 규제로 인해 유연성이 부족하며, 이는 혁신적인 아이디어나 접근 방식을 채택하는 데 장애가 되고 있음(한국과학기술기획평가원, 2022)
 - 예를 들어, 연구비의 사용이 매우 엄격하게 규제되어 있어 연구자들이 필요에 따라 자유롭게 자금을 사용하는 데 제한을 받음
 - 정부 R&D 예산 편성 및 집행 과정에 융통성이 부족하여 신속한 프로젝트 추진 어려움이 있으며 각종 규제 및 행정 절차의 복잡성으로 인해 혁신적 프로젝트 진행이 지연되는 경우가 많음
- **(평가제도의 제약)** 정형화된 평가제도가 연구자들을 제도 안에서만 활동하도록 유도하여, 이로 인해 우연한 혁신적 결과 도출이 어려워질 수 있고 연구자들이 자유롭게 실험하고 도전하는 것을 제한하며, 창의적이고 혁신적인 연구 결과의 도출을 방해할 수 있음(국회예산정책처, 2023)
- 연구 분야별 특성을 고려하지 않고 모든 연구 프로젝트를 동일한 평가 기준으로 평가하고 있으며, 독창성, 잠재력 등이 지나치게 평가자의 판단에 의존하고 있음(Chung and Choi, (2011)).
- **(온정주의 및 카르텔 현상)** 연구 자금의 분배가 기존의 관계나 네트워크에 기반하여 이루어지는 경우가 있으며, 이는 새로운 연구자나 혁신적인

아이디어에 대한 기회를 제한할 수 있음

- **(융합 및 협업의 부족)** 다양한 분야 간의 융합과 협업이 제한적일 수 있어, 복잡한 현대 과학 문제를 해결하는 데 필요한 다학제적 접근이 부족할 수 있음
 - 테크니온 공대 총장은 창의적·혁신적 연구를 위해서는 기초·응용연구의 융합연구가 필요하다고 주장하며 이스라엘의 혁신국가 구축 및 성장 방안은 기초 및 응용연구의 융합에서 나온다고 하였음
 - 기업의 단기적인 이익 추구와 연구기관의 장기적인 연구 목표 사이의 불일치, 산학연협력을 위한 제도적 지원 및 인센티브 부족 등의 문제로 인해 산학연의 협력이 부진한 실정임(한국과학기술기획평가원, 2006)
- **(국가 R&D 생태계 주체 간 신뢰 부족)** 국가(과기정통부 등), 연구지원기관(NRF 등), 대학 연구자 등 과학기술 커뮤니티 간 상호 신뢰 미흡(NRF 국제자문단 진단 결과, 2010. 10)
 - 혁신적 R&D 프로젝트의 연구 과정 및 결과에 대한 투명성 부족으로 인한 사회적 신뢰가 부족하고 연구 윤리 및 안전 문제에 대한 사회적 논의가 미흡한 실정임
- **(위험 회피)** 전통적인 R&D 체계는 고위험 프로젝트보다는 안정적이고 예측 가능한 연구를 선호하는 경향이 있으며, 이는 혁신적이고 돌파구를 제공할 수 있는 연구의 기회를 놓치게 할 수 있음
 - 정부 R&D 투자에서 실패 가능성이 높은 혁신적 프로젝트보다는 성공 가능성이 높은 안전한 프로젝트가 선호됨
 - 연구자들의 실패에 대한 두려움으로 인해 새로운 아이디어 도전 및 위험 감수에 대한 문화적 저해
- **(실패에 대한 관용 부족)** 실패를 부정적으로 인식하는 문화는 실패를 통한 학습과 개선의 기회를 제한하며, 이는 창의적이고 혁신적인 연구를 위축시킬 수 있음
 - 창업국가 이스라엘 및 실리콘 벨리에서는 실패를 당연시하는 연구문화가 정착되어 있음(예: 실리콘 벨리의 실패 콘퍼런스(Fail-Con.) 연중 개최, 이스라엘의 후쓰파(도전) 정신, 핀란드의 실패의 날(Day of Failure))

2.4 분석 결과 및 시사점

1) 국내 도전·혁신 R&D의 한계와 극복방안

- 우리나라 도전·혁신 R&D 환경은 국가 기술 경쟁력 강화를 위한 정부의 지속적인 투자에도 불구하고 여러 한계를 가지고 있음
 - 정부의 과도한 연구 개입, 단기 성과에 중점을 둔 문화, 실패에 대한 관용 부족, 융합연구와 협업의 미흡, 혁신 주체 간의 상호 신뢰 부족 등이 그 예이며, 이러한 요인들은 연구자의 창의성을 저해하고 혁신적인 연구의 발전에 장애요인으로 작용함
 - 연구 성과를 지속적으로 발전시키고, 전략적 임무와의 연결성 및 도전적 목표 설정을 강화하는 것이 중요하며, 신속하고 유연한 연구개발 환경을 조성하는 데 있어 제약이 되는 요소들을 개선하는 데 초점을 맞출 필요가 있겠음
- 국내에서도 도전적 R&D의 추진이 본격화되고 있으나, 여전히 기존 R&D 관리체계를 따르는 방식으로 추진되는 한계가 존재
 - (통합된 리더십 및 지원 체계 부재) DARPA 등은 강력한 리더십과 독립적인 운영 체계를 가지고 있으나, 국내 R&D는 여러 부처와 기관의 중복 참여와 관료주의적 접근으로 인해 통합된 리더십이 부족¹⁰⁾
 - (장기적인 연구 지원 계획 미흡) 해외 도전적 R&D 프로젝트는 전략적 방향성을 기반으로 장기적인 연구 지원을 통해 혁신적인 기술을 개발하고 있으나, 국내 R&D는 여전히 단기적인 성과 중심으로 운영
 - (민간과의 협력 부족) 주요 혁신기관은 민간 기업과의 밀접한 협력을 통해 혁신적인 기술을 개발 및 상용화하고 있으나, 국내에서는 주로 정부 주도로 진행되어왔기 때문에 민간 기업과의 협력을 통한 혁신 경험이 부족한 실정 (과학기술기획평가원, 2022)
 - (낮은 리스크 허용도) 국내 연구현장에는 도전적 R&D 프로젝트의 추진에 대한 공감대가 형성되었으나, 여전히 실패에 대한 리스크를 피하려는 경향이 뿌리 깊게 자리하고 있음
 - (기술 이전 및 상용화 연계 미흡) 기존에 국내에서 추진되었던 도전적 R&D 프로젝트 사례들은 연구와 상용화 간의 간극, 자금 및 리소스 부

10) <http://webzine.koita.or.kr/201312-specialissue/특별기획-한국형-ARPA-구축의-주요-과제>

족, 민간과의 협력 부족 등으로 인해 연구 결과의 기술 이전 및 상용화에 어려움을 겪고 있음(과학기술기획평가원, 2022)

- 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 정부의 역할 재정립, 대학의 자율성 강화, 장기적 지원 체계 구축, 실패 용인 문화 조성, 유연한 연구비 지원 등이 요구됨
- 유럽 연구커뮤니티의 Haldane-Harnack 원칙(정부는 지원하되 간섭하지 않는다)을 적용해 정부는 연구비를 지원하지만 연구 내용에는 간섭하지 않도록 해야 함
- 정부의 역할을 R&D 정책의 '보스'에서 '지원자'로 역할을 전환하여 연구자 중심의 정책을 수립해야 함
- 대학에 대한 정부의 간섭을 줄이고, Negative 규제에서 Positive 규제로 전환을 통한 대학 연구 자율성 및 지원을 확대해야 함
- 연구비를 장기적으로 지원하여 과학기술계에 축적과 지속의 원칙을 정착시킬 수 있도록 해야 함
- ※ 이정동 교수(서울대)의 예시 : 일시에 10억을 지원하는 것보다 5천만 원씩 20년 간 지원하는 것이 훨씬 효과적
- 핀란드, 실리콘 벨리와 같은 실패사례 공유 및 연구실패 용인 문화를 조성하고 확산하여 혁신을 촉진해야 함
- 일본학술진흥회(JSPS)의 지원 방식처럼 연구 추진 속도에 따라 차년도 예산을 금년에 활용할 수 있는 유연한 연구비 지원제도를 운영해야 함

2) 도전·혁신 R&D 활성화를 위한 핵심 요소 및 고려사항

- 글로벌 동향 분석 결과, 주요국은 다음과 같은 요소들을 통해 도전적이고 혁신적인 R&D 환경을 조성하고 지속 가능한 혁신의 기반을 마련하기 위한 정책적 노력을 강화하고 있음
- (위험 감수의 장려) 주요국은 혁신적인 연구는 실패의 가능성을 포함한다는 것을 받아들이고 실패를 포함한 위험 감수를 장려하고, 실패 경험을 통한 학습과 성장을 지원하고 있음
- (유연한 자금 조달 체계) 전통적인 연구 자금 조달 방식보다 유연하고,

고위험 프로젝트에 대한 투자를 확대하고 있으며 이를 통해 연구자들이 보다 대담하고 혁신적인 아이디어를 실험할 수 있도록 하고 있음

- **(다학제적 접근의 촉진)** 새로운 관점과 해결책을 창출하기 위해 다양한 분야의 전문가들이 협업하여 복잡한 문제를 해결할 수 있도록 장려함
 - **(장기적 관점의 연구 지원)** 단기적 성과에 중점을 두기보다는 장기적인 연구개발을 지원함으로써, 지속 가능한 혁신을 추구함
 - **(공개적이고 투명한 연구 환경)** 연구 결과물의 공개와 투명한 정보 공유를 장려함으로써, 지식의 확산과 협력을 촉진함
 - **(연구자 자율성 보장)** 연구자가 자신의 아이디어를 자유롭게 탐구하고 실험할 수 있는 환경을 제공함
 - **(연구 평가의 다양화)** 연구의 가치를 평가할 때 다양한 기준을 적용하여 혁신성, 창의성, 장기적 영향 등을 고려함
 - **(연구 커뮤니티와의 지속적인 소통)** 연구자들이 서로의 아이디어와 경험을 공유하고 피드백을 주고받을 수 있는 커뮤니케이션 채널을 마련하고 있음
- 또한, 프로젝트 관리자(PM)와 과학기술 리더십은 도전적이고 혁신적인 R&D 활동을 촉진하는 데 필수적인 요소로 작용하고 있음
- PM은 프로젝트의 방향을 설정하고, 연구 주제를 선택, 연구자들을 독려하고, 자원을 관리하며 R&D 프로젝트의 성공에 핵심적인 역할을 함
 - 리더들은 혁신을 장려하고, 도전적인 아이디어를 지지하며, 실패를 학습의 기회로 활용할 수 있는 환경을 조성하고 과감한 결정을 내림으로써 팀과 연구자를 영감을 주는 방향으로 이끄는 역할을 함
 - PM과 리더들의 명확하고 혁신적인 비전을 설정은 프로젝트의 목표를 명확히 하고, 연구자들에게 동기를 부여하며, 연구의 방향성을 제공
 - PM은 프로젝트를 적극적으로 관리하여, 연구 과정에서 발생할 수 있는 장애를 해결하고, 연구자들이 필요로 하는 지원을 제공하는 역할을 함
 - PM과 리더들은 다양한 배경과 전문성을 가진 연구자들이 협력할 수 있는 환경을 조성하고, 다학제적 접근을 장려하는 역할을 함

3.1 프로그램 관리·운영체계의 차별성

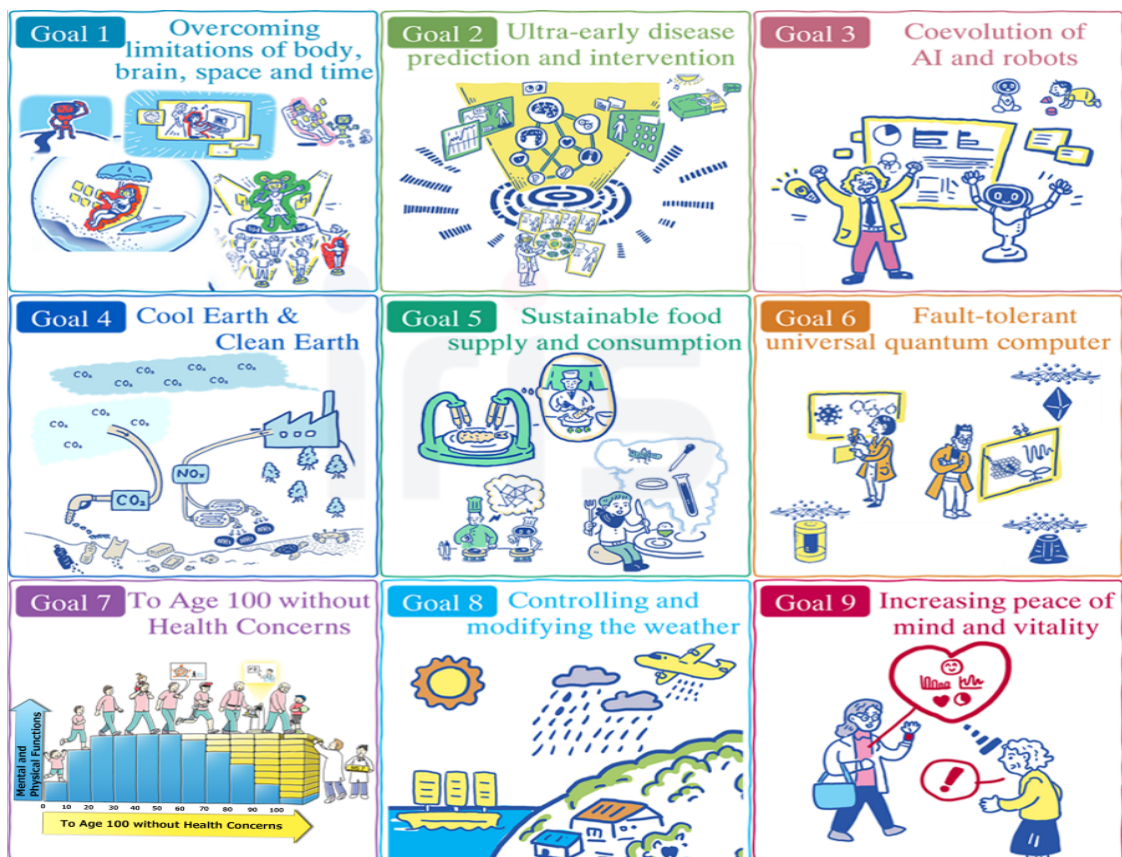
1) 목표 설정

- (DARPA) 기술 개발의 신속한 적용과 혁신적인 아이디어의 실현을 목적으로 비교적 짧은 시간 내에 구체적이고 실용적인 결과를 달성하는 데 중점을 두는 것이 특징임
- DARPA의 프로그램 기획은 대담한 비전과 야심찬 목표를 설정하는 것으로 시작되며, 이러한 목표는 종종 장기적인 국방 및 보안 문제에 초점을 맞추고, 현재 기술의 한계를 극복하려는 노력을 반영함
- DARPA는 자신들의 관심 대상은 변혁적이고 돌파적·혁신적이며 파괴적 기술 개발을 추구하는 연구이기 때문에, 단지 새로운 장치나 도구를 창조하는 것이 아니라 목표는 새로운 '가능성'을 만드는 연구와 기존의 기능을 크게 변화시키는 'change-state' 기술개발을 목표로 한다고 하였음(Bonvillian et al., 2019)
 - DARPA의 목표가 '야심'차기만 한 것은 아니며, 일반적인 발명이나 발견 보다는 새롭고 혁신적인 '도전'에 초점이 맞춰져 있음
- DARPA의 급진적 비전은 기술적으로 도전적이고, 실행 가능하며, 다분 야에 걸쳐 있고, 광범위해야 함
 - 좋은 비전의 네 가지 속성은 기관 내에서 "DARPA Hard"라는 용어로 요약되어 사용되고 있으며, 이는 Tony Tether(2001~2009년) 디렉터 재임 시절에 만들어진 용어임

〈표 3-1〉 DARPA의 급진적 비전 및 목표 설정을 위한 기준

비전의 속성	설명
기술적으로 어려운 문제 Technically Challenging	비전은 현재의 기술 및 지식의 한계를 뛰어넘어야 한다
실행 가능성 Actionable	비전이 구축 및 제작될 것으로 예상되어야 한다
다학제성 Multidisciplinary	비전은 다양한 전문가와 지식 분야를 활용해야 한다
광범위한 범위 Far-reaching	사회를 대규모로 발전시키려는 야심찬 비전이어야 한다

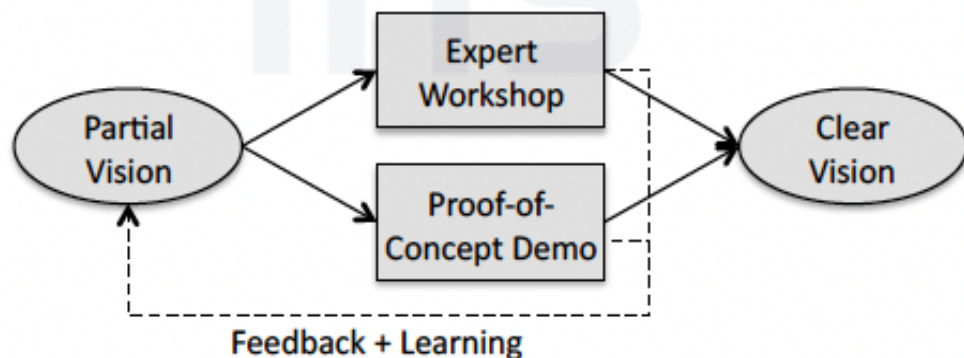
- (일본 문샷형 연구개발제도) 보다 장기적인 관점에서 혁신적인 목표를 설정하며, 이는 사회적, 환경적 도전 과제에 대한 근본적인 해결책을 모색하는 데 초점을 맞추고 있음
- 과학기술정책담당장관 등 정부3역(장관, 차관, 정무관)과 종합과학기술혁신회의 (CSTI)는 Moonshot 국제심포지엄에 대해 관련 이슈를 논의하고 장기적인 비전과 대담한 목표를 제시함(그림 3-1)
- CSTI가 미래 사회 모습을 설정하고, JST와 NEDO를 통해 국내 및 해외 연구자로부터 참신한 연구 아이디어를 접수받는 방식으로 프로그램화함



<그림 3-1> 일본 문샷형 연구개발제도의 문샷 목표

- DARPA에서 명확한 비전 목표를 설정하고 이를 프로그램화 하는 방법은 다음과 같음
- DARPA의 많은 프로그램 매니저(PM)들은 DARPA에 합류할 때 이미 분명한 비전을 가지고 오는 경우가 많으며, 명확한 비전 목표 설정을 위해 전문가 워크숍, 개념증명 등을 활용함

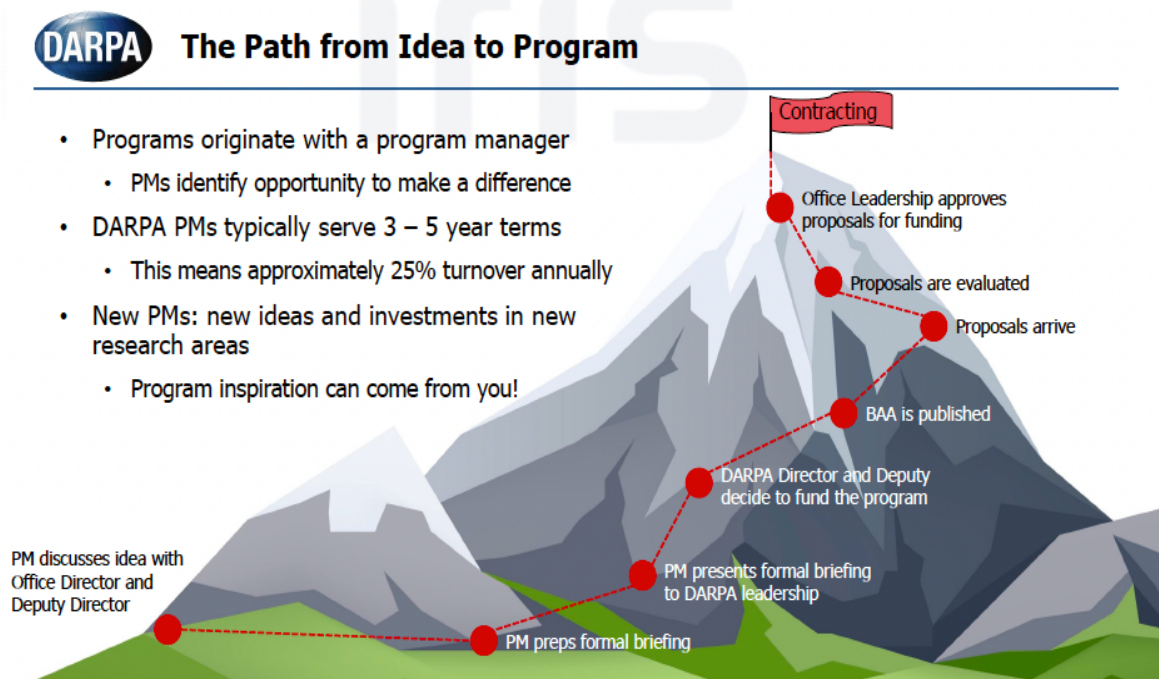
- 이러한 비전은 구체적인 기술적 목표나 혁신적인 아이디어로 구성될 수 있으며, 예를 들면 직접적인 로봇 수술, 나노 규모의 미세시스템 제작, 인공 혈액 등으로 표현됨
- PM들은 DARPA에 합류한 후 몇 달 동안 프로그램 메커니즘과 예산을 세부 조정하는 데 집중하며, 이미 명확한 비전을 가지고 있기 때문에, 그들은 자신의 아이디어를 명확화하거나 검증하는 데 많은 시간을 할애하지 않음
- 비전이 명확한 경우, PM은 이러한 비전을 내부적으로 피치하고 자금을 확보하는 데 빠르게 이동하게 되며, 이 단계에서는 비전의 혁신성과 잠재적 영향력이 중요한 평가 요소가 됨
- 반면에, 어떤 PM들은 좋은 연구 한계와 시장 수요에 대한 이해를 가지고 있지만, 비전을 명확하게 정의하지는 않은 경우도 있음
- 이들은 부분적인 비전을 완전하고 명확한 비전으로 발전시키기 위해 전문가 워크숍과 개념증명(Proof-of-Concepts)이라는 두 가지 메커니즘을 사용하는데, 이러한 방법들은 DARPA의 역사를 통틀어 일관되게 적용되어 왔음(그림 3-2)
- ※ 전문가 워크숍: 이 워크숍은 다양한 분야의 전문가들을 모아 아이디어를 논의하고, 비전을 발전시키기 위한 피드백과 인사이트를 얻는 데 사용
- ※ 개념증명: 초기 아이디어의 타당성을 검증하고 비전을 구체화하기 위한 실험적 프로젝트나 연구로 이는 비전의 실행 가능성을 입증하는 데 중요한 역할을 함



<그림 3-2> 급진적 혁신을 위한 기술의 부분적 비전수립 과정(Carleton, 2010)

- 명확한 비전이 설정되면, 개별적인 비전과 혁신적인 아이디어를 구체적인 프로그램으로 발전하는 단계로 넘어감
- (내부 피치) PM은 DARPA 내부에서의 자금 승인을 위해 자신의 비전을 새로운 프로그램을 위한 제안의 제시를 포함하여 핏칭(pitching)하게 됨
- (비전 검증) 모든 비전이 자동적으로 프로그램으로 이어지는 것은 아니며, PM은 비전이 주관적으로 "준비되고 완성됐다"고 느낄 때까지 아이디어를 제시하지 않음

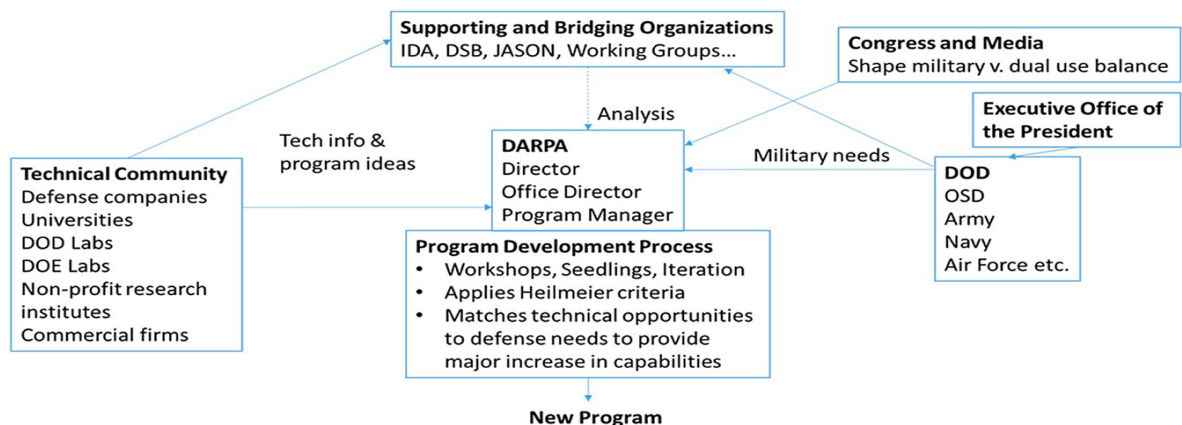
- **(프로그램 정의)** 비전이 프로그램으로 전환되는 단계는 비전을 구체적인 프로그램으로 정의하는 중요한 지점이며, 이 단계에서는 비전의 타당성과 실행 가능성이 중요한 평가 요소가 됨
 - **(결정)** 최종 결정은 주로 해당 오피스의 국장과 DARPA 국장에 의해 이루어지는데 이 결정은 빠르게 이루어지는데(일반적으로 한 시간 이내) 새로운 프로그램에 대한 결정은 회의가 끝날 때까지 이루어지며, 추가적인 평가 시간이 필요하지 않음
 - **(신규 프로그램 승인)** 비전이 승인되면, 그것은 신규 시작 프로그램으로 간주되고, 광역 지역 공고(Broad Area Announcement, BAA)로 문서화됨
- 이 과정은 프로그램 매니저의 주도적인 역할, 신속한 의사 결정, 피어 리뷰에 의존하지 않는 독특한 평가 방식에 의해 특징지어짐
- **(피어 리뷰의 부재)** DARPA의 프로그램 추진을 위한 의사결정 과정은 피어 리뷰나 위원회 결정 방식과 다르게 진행되는데, PM이 외부 피어 리뷰 없이 자금 결정을 내릴 수 있는 권한을 가지는 것이 특징임(그림 3-3)
 - **(혁신적 아이디어의 보호)** 피어 리뷰의 부재는 혁신적이고 혁명적인 아이디어를 보호하고, 이러한 아이디어가 외부 평가에 의해 희석되거나 실패하지 않도록 함



<그림 3-3> PM이 아이디어를 발굴하여 프로그램으로 개발하는 과정

2) R&D 과제 기획 및 선정

- (상향식 프로그램 설계) DARPA의 경우 PM이 중심이 되어 국방 임무에 필요한 혁신적인 연구 영역을 탐색하고, 이를 통해 고도의 전문성과 창의성을 가진 연구 프로그램을 개발하고 실행(Carolyn Fu et al, 2021)
- R&D 성공률은 28~30% 정도이지만 가장 임팩트 있는 결과를 내며 혁신적이고 실패 위험성은 크지만 국가 경쟁력 강화에 도움이 되는 연구 즉, 돌파형(Breakthrough) 연구를 발굴하고 집중함
- PM은 전체 국방 임무 내에서 필요 또는 과제를 파악한 다음, 현재 연구가 거의 이루어지지 않고 있지만 이를 충족하면 임무 수행에 중요한 필요를 충족하는 데 상당한 진전을 이룰 수 있는 영역인 "기술적 화이트 스페이스("technological white-space)"를 정의하여 프로그램을 설계함
 - PM은 임무 요구 사항을 명확히 하는 군 사용자(즉, 문제 소유자)는 물론, 잠재적 솔루션 분야에서 연구 주도 기회를 명확히 할 수 있는 최신 기술을 잘 알고 있는 학계와 긴밀히 상호 작용하여 이러한 영역을 식별함
 - 이는 종종 회의, 커뮤니티 참여, 이해관계자 간의 선별된 대화를 통해 이루어지며, PM은 일반적으로 우수한 교육 기관이나 성공적인 군 경력에서 채용되기 때문에 관련 솔루션 제공업체와 연결할 때 자신의 배경을 활용하는 경우가 많음
 - 전형적인 DARPA 프로그램 개발 프로세스에서 유용한 새 기능에 관한 정보는 국방부에서 제공하지만, 기술적으로 가능한 것과 발전 가능성이 있는 영역에 관한 정보는 기술 커뮤니티에서 제공함(그림 3-4)
 - 정보와 분석은 국방부와 DARPA에 자문을 제공하는 싱크탱크 및 자문위원회 커뮤니티에서 제공될 수 있으며, DARPA PM은 이러한 의견을 수렴하여 일반적으로 일련의 프로젝트로 구성된 프로그램을 구성하게 됨



<그림 3-4> DARPA의 프로그램 개발에 영향을 미치는 혁신주체

- (민첩하고 유연한 기획 프로세스) DARPA는 아이디어 생성에서부터 프로그램 구현까지 각 단계에서 발상, 제안, 토론, 결정, 수정을 포함하는 과정을 거침
- (Top-down과 Bottom-up 방식의 조화) 국방부와 미군의 요구를 기반으로 DARPA-hard 문제를 정의하고, 정의된 문제 해결을 위한 아이디어 발굴에 중점을 둠
- (다원화된 기획 과정) DARPA는 전통적인 R&D 기획 방식에 얽매이지 않고, 혁신적이고 파괴적인 연구 아이디어를 적극적으로 추진하고 발굴
- (RFI 또는 경진대회) RFI(Request for Information)를 통해 구체적인 문제나 기술 분야에 대한 정보를 요청하고, DARPA Challenges를 통해 혁신적인 아이디어를 발굴

<표 3-2> DARPA RFI 예시

Title: DARPA Work Force Futures RFI, DARPA-SN-23-76 Date: Monday, June 12, 2023 Responses Due: Thursday, July 6, 2023, at 10:00 am (EDT) POC: Mary Beth Colavito, DARPA Contracts Management Office Email: DARPA-SN-23-76@darpa.mil BACKGROUND AND SCOPE The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) is widely recognized as one of the most prolific research and development entities in the world with a rich 65-year history of developing breakthrough technologies and capabilities for national security. DARPA is an agency that reaches for transformational change instead of incremental advances. However, DARPA does not succeed in isolation; we work within an innovation ecosystem that includes academic, corporate, and government partners, with a constant focus on national security challenges. For decades, this vibrant, interlocking ecosystem of diverse collaborators has proven to be a nurturing environment for the intense creativity that DARPA is designed to cultivate. It is important that DARPA continue to be a place for diverse collaborators across Government, industry, and academia, especially as more non-traditional companies enter the market and non-government investments increase. Although an innovative and leading-edge research agency, from a day-to-day functional standpoint DARPA operates in some ways that would be familiar to other government agencies and commercial entities. The vast majority of the DARPA workforce is located geographically at a headquarters building in Arlington, VA. DARPA's current organizational structure is composed of six technology offices and four support offices, all of which report to the Director's Office. One unique aspect of the DARPA organization and work model is the fact that program managers and Technical Office leadership all have limited work terms (~4 years), which results in an intentionally high turnover rate of approximately 20-25% of government staff/year. This limited term model and DARPA's mission to create groundbreaking and disruptive technologies for national security requires that they have consistent access to diverse communities of world-class technical talent. As DARPA hires technical talent, it has generally required new staff to relocate to the Washington, DC, region during their tenure. More information about DARPA can be found on our website (https://www.darpa.mil/about-us/about-darpa). During the COVID-19 pandemic (2020-2023), DARPA staff adapted quickly to a hybrid remote work model where the majority of staff worked from home or other locations and reported to the Arlington HQ on an as needed but infrequent basis. One significant exception was for staff whose efforts focused on classified work, requiring that they work on-site on a regular basis. As the pandemic ended, DARPA (like many commercial and government organizations) largely began returning to normal in-person operations. This period of change revealed frictions, gaps, and inconsistencies within the DARPA enterprise that directly impacts the agency, e.g., staff engagement, organizational culture, productivity, recruitment, infrastructure requirements, and security concerns. * BACKGROUND AND SCOPE * OBJECTIVE * REQUESTED INFORMATION * SUBMISSION * DISCLAIMERS AND IMPORTANT NOTES	1) 현재 기술적 한계와 신기술의 잠재력: RFI는 기존 기술의 한계를 이해하고, 새로운 과학적 발전이나 기술적 변곡점이 실질적인 문제 해결에 기여할 수 있는지에 대한 정보를 요청 2) 시장과 사용자 니즈: RFI를 통해 DARPA는 기존 기술로 해결할 수 없는 새로운 사용자 니즈를 식별 3) 비전 제시: RFI 응답자는 미래의 DARPA를 위한 비전과 구체적인 모델 및 접근 방식을 제안해야 함 4) 실현 가능성: 제안된 아이디어는 DARPA의 내부 운영에 적용될 수 있는 혁신적인 수준을 보여줘야 하며, 이를 실현하기 위한 역량과 경험이 요구됨 5) 추가 정보: RFI 응답은 DARPA의 문화에 미칠 영향에 대한 정보를 포함해야 함
--	--

- ※ 요청된 정보: 미래의 DARPA에 대한 비전과 구체적인 모델 및 접근 방식, 제안자의 능력과 경험, 그리고 이전에 수행한 지원/연구에 대한 구체적인 세부 정보, 후속 토론을 용이하게 할 연락처 정보, 잠재적인 조직 갈등에 대한 식별 등
- ※ RFI 제안서 양식: 응답은 간결해야 하며, 하나의 개요 슬라이드와 최대 7페이지의 추가 정보로 구성되어야 함

A. Cover Sheet (1 page): (1)Response Title, (2)Technical point of contact name, organization, telephone number, and email address, (3) Indicate the RFI challenge(s) addressed by the response

B. Technical Description (4 pages per challenge area addressed)

C. Bibliography/References (2 pages)

- **(PM들의 직접적인 정보 수집과 소통)** PM과 주요 리더십은 최신 연구 동향을 파악하기 위해 현장 방문과 온라인 및 오프라인 활동에 참여하고 연구자들과의 직접적인 만남을 통해 최신 정보를 수집하고 새로운 연구 기회를 탐색하며 국제 기술 동향에 대한 조사를 수행하여 전 세계의 혁신을 파악함
 - **(컨퍼런스와 워크숍)** 정기적으로 컨퍼런스와 스폰서 워크숍을 개최하여 연구 커뮤니티와 상호작용하고, 협력 관계를 구축함
 - **(협력 네트워크의 활용)** 국방부 자문 그룹과 DARPA 지원 기술 그룹과 같은 다양한 관련 그룹으로부터 제안을 받기도 하며 BAA(Broad Agency Announcements)를 통해 더 넓은 연구 커뮤니티로부터 제안서를 받고, DARPA Tech와 같은 공개 미팅을 통해 산학연 간의 아이디어를 수집하기도 함
 - **(초기 아이디어 연구 지원)** 'Seedlings'라고 불리는 소규모 연구 또는 프로젝트를 통해 아이디어를 구체화하고 초기 단계에서부터 발전시키기 위한 기반을 마련함
- **(기획인프라)** 프로그램 아이디어는 반복적인 과정을 통해 수정되고 정제되며, 이 과정에서 Tech Council까지 도달한 아이디어는 최고 수준의 검증과정에 임할 준비가 되는 것임
- 프로그램으로의 진행 여부에 대한 최종 결정은 국장과 부국장이 내리는데, 이는 개인 중심의 의사결정 방식이며, 최악의 공통분모가 선택되는 것을 피하기 위한 제도적 장치임
- **(Heilmeier Catechism)** PM들은 Heilmeier Catechism에 따라 프로그램 아이디어를 평가하고 정제하는데, 이는 프로젝트의 잠재력, 새로움, 타당성을 입증하는 데 도움을 줌(그림 3-5)
- 신규 기획 아이디어는 유명한 발명가이자 DARPA 디렉터였던 George Heilmeier의 프로그램에 대한 담대한 질문(하일마이어 카테키즘)에 답할 수 있어야 함
 - 이는 가장 투자가치가 높은 소수를 고르는 데 매우 유용할 뿐 아니라, PM이 원하는 것을 다른 사람들이 이해할 수 있도록 설명할 수 있게 하는 도구라고 평가되고 있음



Dr. George H. Heilmeier
Director DARPA 1975-1977

- What are you trying to do? Articulate your objectives using absolutely no jargon. **당신은 무엇을 하려고 합니까? 아무 전문 용어도 사용하지 말고 목표를 분명하게 말하십시오.**
- How is it done today, and what are the limits of current practice? **오늘날 (당신이 제안하는 연구 분야) 어떻게 이루어지고 있습니까? 그리고 현재의 쓰이고 있는 방법들의 문제가 무엇입니까?**
- What's new in your approach and why do you think it will be successful? **귀하의 접근 방식에서 새로운 점과 그것이 성공적일 것이라고 생각하는 이유는 무엇입니까?**
- Who cares? **누가 신경 씁니까? (충분한 수요가 있겠습니까?)**
- If you're successful, what difference will it make? **성공하면 어떤 차이(파급 효과)를 일으킬 수 있겠습니까?**
- What are the risks and the payoffs? **(당신이 제안하는 내용의) 리스크는 무엇입니까?**
- How much will it cost? **(당신이 제안하는 내용을 수행하는데) 비용이 얼마나 필요합니까?**
- How long will it take? **(당신이 제안하는 내용을 수행하는데) 기간이 얼마나 걸릴까요?**
- What are the midterm and final "exams" to check for success? **당신이 제안하는 내용의 성공을 확인하기 위한 중간 및 최종 "시험"은 무엇입니까?**

This formalism has become known as "The Heilmeier Catechism."
It is the program-definition formalism still in use at DARPA today.

<그림 3-5> 하일마이어 카테키즘

○ **(BAA 사례 기획 프로세스)** BAA는 연구자들에게 연구 제안서를 제출하도록 초대하는 공고로서 기획 프로세스는 BAA(Broad Agency Announcement) 발표로 시작됨¹¹⁾

- BAA는 기술 관심 영역 및 연구 목적, 수상 예상 및 자금, 제안자 자격에 대한 정보, BAA에 대한 응답 제출을 위해 필요한 모든 정보, 제안서 검토 및 선택 과정, 수상 관리 정보, 기관 연락처, 기타 정보 등 제안자가 응답을 준비하고 제출할 때 필요한 모든 정보를 포함함(그림 3-6)

<표 3-3> DARPA BAA 섹션 구성

섹션	내용
(1) 기술 관심 영역 및 연구 목적	• 잠재적 수상 분야의 기술적 관심 영역 상세 정보 • BAA로부터 발생하는 연구의 일반적 개요 및 목적 제공
(2) 수상 예상 및 자금	• 예상되는 수상 건수(단일 또는 복수) • 예상되는 총 자금 규모(가용한 경우) • 예상 수상 유형(계약, 협약 등) • DARPA에 의해 예약된 협상 권리(예: 계약 담당자의 수상 유형 및 조건 협상 권리) • 예상되는 연구 유형에 관한 정보, 연구가 기본 연구로 간주될 것인지 여부, 기본 연구로 간주되지 않을 경우 포함될 출판 승인 요구 사항
(3) 제안자 자격 정보	• 정부 기관 • 연방 자금 지원 연구 및 개발 센터(FFRDCs) • 대학 연계 연구 센터(UARCs) • 외국 참여자 • 제안자의 보안 클리어런스 요구 사항 • 조달 무결성, 행동 기준, 윤리적 고려 사항, 조직 갈등 관심사 및 필요한 경우 공유/매칭 비용
(4) BAA에 대한 응답 제출을 위해 필요한 모든 정보	• 내용/형식 요구 사항(예: 페이지 한도, 분류/독점 마킹, 글꼴 크기, 복사본 수) • 모든 허용된 전송 방법에 대한 제출 지침 • 제출 마감일 및 시간 • 제안서 접수가 허용되는 기간 명시 • 초기 마감일 이후 제출을 허용하는 프로그램별 BAA는 발행일로부터 6개월 이내의 "컷오프" 날짜를 포함해야 함 • 전체 사무국 BAA는 무기한 개방될 수 있지만, 적어도 연간 한 번 재광고해야 함
(5) 제안서 검토 및 선택 과정	• 평가 기준과 그 기준의 상대적 중요성 포함 * FAR에 의해 지정된 세 가지 기준: 전반적인 과학적 및 기술적 장점, DARPA 미션에 대한 잠재적 기여 및 관련성, 비용 현실성 • PM은 추가 평가 기준을 포함할 수 있음
(6) 수상 관리 정보	• 제안자에게 영향을 미치는 국가 정책 요구 사항 및 기타 규정
(7) 기관 연락처	• 관리, 기술 및 계약 질문에 대한 모든 관련 연락처
(8) 기타 정보	• 제안자의 날 세부 사항 및 팀 구성 웹사이트 등 기타 관련 정보 제공

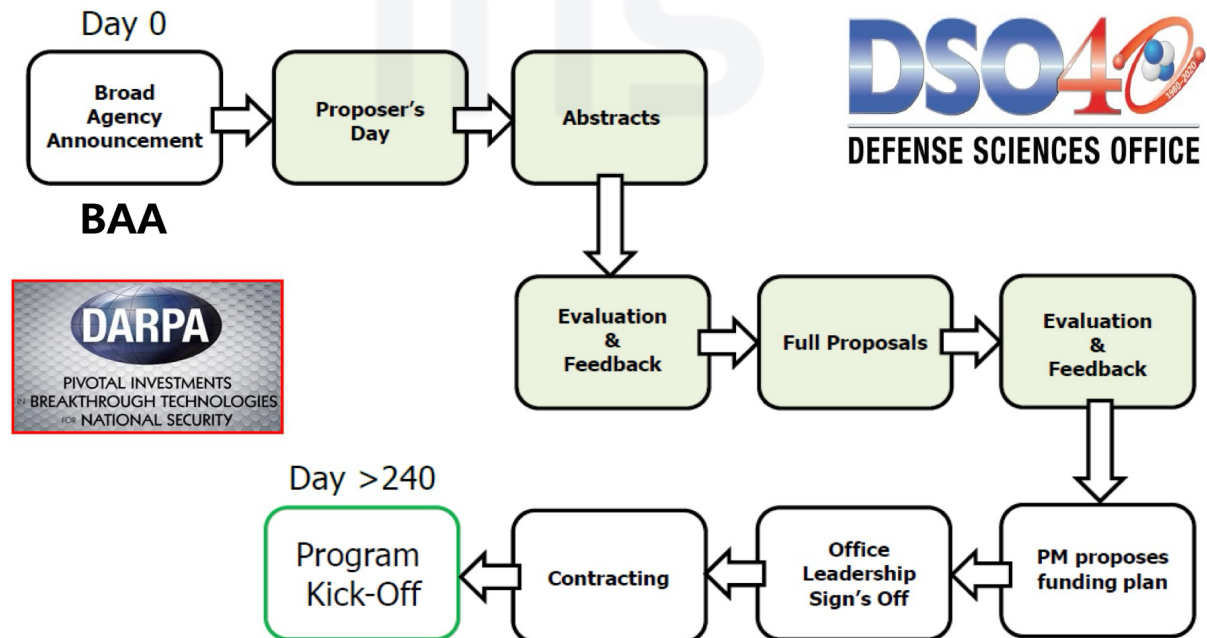
11) 일반적으로 BAA공고는 45일 이상 180일 이내로 진행되며 예비제안서의 최소 공고기간에 대한 별도의 규정은 없음

Table of Contents

PART I: OVERVIEW INFORMATION	5
PART II: FULL TEXT OF ANNOUNCEMENT	6
I. Funding Opportunity Description	6
A. Background	6
B. Program Description	7
C. Program Structure	10
D. Technical Areas	12
E. Schedule/Milestones	15
F. Deliverables	16
G. Government Furnished Equipment/Property Information	19
H. Intellectual Property	19
II. Award Information	19
A. General Award Information	19
B. Fundamental Research	20
III. Eligibility Information	21
A. Eligible Applicants	21
1. Federally Funded Research and Development Centers (FFRDCs) and Government Entities	21
2. Other Applicants	22
B. Organizational Conflicts of Interest	22
C. Cost Sharing/Matching	23
IV. Application and Submission Information	23
A. Address to Review Application Package	23
B. Content and Form of Application Submission	23
1. Abstract Format	23
2. Full Proposal Format	24
3. Proprietary Information	34
4. Security Information	35
a. Program Security Information	35
b. Controlled Unclassified Information (CUI)	35
i. CUI Proposal Markings	35
ii. CUI Submission Requirements	35
c. Unclassified Submissions	35
5. Disclosure of Information and Compliance with Safeguarding Covered Defense Information Controls	38
6. Human Subjects Research (HSR) Animal Use	39
7. Approved Cost Accounting System Documentation	39
8. Section 508 of the Rehabilitation Act (29 U.S.C. § 744(d)/FAR 39.2	39
9. Grant Abstract	39
10. Small Business Subcontracting Plan	40
11. Intellectual Property	40
a. For Procurement Contracts	40
b. For All Non-Procurement Contracts	40

12. Patents	41
13. System for Award Management (SAM) and Universal Identifier Requirements	41
14. Funding Restrictions	41
C. Submission Information	41
1. Submission Dates and Times	42
a. Abstract Due Date	42
b. Full Proposal Date	42
c. Frequently Asked Questions (FAQ)	42
d. Abstract Submission Information	42
e. Proposal Submission Information	43
a. For Proposers Requesting Grants or Cooperative Agreements	43
b. For Proposers Requesting Technology Investment Agreements	43
c. For Proposers Requesting Contracts or Other Transaction Agreements	46
d. Classified Submission Information	47
e. Other Submission Requirements	47
V. Application Review Information	47
A. Evaluation Criteria	47
1. Overall Scientific and Technical Merit	47
2. Potential Contribution and Relevance to the DARPA Mission	47
3. Cost Realism	48
B. Review and Selection Process	48
1. Review Process	48
2. Handling of Source Selection Information	48
3. Federal Award Performance and Integrity Information (FAPIS)	49
VI. Award Administration Information	49
A. Selection Notices	49
1. Abstracts	49
2. Proposals	49
B. Administrative and National Policy Requirements	49
1. Meeting and Travel Requirements	49
2. Solicitation Provisions and Award Clauses, Terms and Conditions	50
3. Controlled Unclassified Information (CUI) and Controlled Technical Information (CTI) on Non-DoD Information Systems	50
4. Representations and Certifications	50
5. Terms and Conditions (for grants and cooperative agreements only)	50
C. Reporting	50
D. Electronic Systems	50
1. Wide Area Work Flow (WAWF)	50
2. i-Edition	51
3. DARPA Vinit	51
4. DARPA Embedded Entrepreneur Initiative (EEI)	51
VII. Agency Contacts	52
VIII. Other Information	53
A. Proposers Day	53
B. Prototyping	53

<그림 3-6> DARPA BAA 예시



출처: DARPA 201: How Programs Are Developed

<그림 3-7> 미국 DARPA의 과제 기획 프로세스

- 연구자들은 Proposer's Day¹²⁾를 통해 자신의 아이디어를 소개하고 DARPA와 토론할 수 있는 기회를 가지게 되고, 이후 프로젝트 개요(abstract)를 제출함
- 제출된 개요(abstract)는 평가를 받고, 제안자는 피드백을 받게되며 이를 바탕으로 연구자들은 전체 제안서를 제출함
- 전체 제안서 역시 평가를 받고, 이에 대한 피드백이 제공되며, 이러한 평가와 피드백을 거쳐 선정된 프로젝트는 계약 단계로 이동함(그림 3-7)
- DARPA의 사무국 리더십이 프로젝트에 최종 승인을 하고 PM은 자금 조달 계획을 제안하며, 공고 이후 약 240일 이상 지난 시점에 프로그램이 공식적으로 시작됨

□ (선정평가) 도전·혁신형 R&D 과제의 제안서 평가는 대체적으로 전통적인 동료 평가 방식을 차용하되 도전적 연구개발의 고위험 특성을 고려하여 일부 프로세스를 변형하여 적용하고 있음

○ OECD의 도전적 연구개발 촉진 정책 현황 및 사례연구 보고서¹³⁾에 따르면, 전통적인 동료평가 방식, 이중 맹검 동료평가, 골든 투표제의 도입, 다단계 제안서 검토 프로세스, 경력 단계에 따른 경력 세분화, PM 중심의 제안서 평가 등 다양한 제안서 평가 방식이 있음(OECD, 2021)

○ DARPA의 경우 적합한 모든 제안서를 평가 및 평가보고서 작성하고 있으며, 제안서 간 상대평가하지 않는 것을 특징으로 함

- 연방조달규정(FAR)은 BAA 수행자 선정기준으로 과학기술적 우수성, 기관 프로그램에의 기여도와 미션 적합성, 예산 가용성, 비용의 현실성과 적절성을 명시하고 있음

※ 과학기술적 우수성: 연구진의 전문성과 경험, 연구계획 설명의 완전성과 논리성, 기술적 접근방식의 혁신성, 일정계획의 적절성 및 잠재적 위험과 대응방안

※ 프로그램에의 기여도와 미션 적합성: 미국의 기술기반 강화에 얼마나 기여할 수 있는가, DARPA의 미션과 부합하는가

※ 비용의 적절성: 비용의 현실성, 비용과 과업기술서의 일관성

12) 해당 기술영역에서의 도전과제와 우려 및 기대에 대해 잠재적 제안자들에게 설명하고, 이러한 기술적 이슈들의 해결을 위한 기술적 접근방법을 토론하는 자리로서 참가자들 간 연구팀 구성 또는 파트너십 형성을 위한 기회로도 활용됨(참가자들은 본인들의 차별화된 기술적 역량에 대해 프리젠테이션 가능)

13) OECD.(2021). Effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers.

3) R&D 과제 관리 및 진도점검

- (적극적인 포트폴리오 관리) DARPA의 경우 프로젝트가 진행됨에 따라 PM은 포트폴리오 전체에 자금을 재분배할 수 있음
 - "실제 옵션(real options)" 접근 방식을 통해 이루어지는 능동적 포트폴리오 관리는 PM이 프로젝트 전반에서 위험과 보상의 균형 잡힌 포트폴리오를 유지하기 위해 지속적으로 자금을 재할당하는 것을 말함
 - PM과 기술 수요자는 프로그램 시작 시 설정한 미션 요구사항에 따라 프로젝트의 진행 상황을 평가할 수 있는 구체적인 이정표를 설정하고, 정기적으로 이러한 지표를 사용하여 프로젝트의 위험이 잠재적 보상의 가치가 있는지 여부를 결정함
 - 따라서 프로젝트는 더 많은(또는 더 적은) 자금으로 계속 진행되거나, 중단되거나, 방향이 변경됨
 - 지속적인 재조정을 통해 시스템 리소스가 항상 최대한 전략적으로 할당될 수 있도록 보장함
- (관리 관행) DARPA는 도전적 목표를 지향하는 것에 초점을 두고 이러한 유형의 연구를 관리하기 위한 일련의 절차와 철학을 발전시켜 옴
 - DARPA의 관리 관행은 NSF(National Science Foundation)와 비교했을 때 다음과 같은 네 가지 특징을 가지고 있음
 - 피어 리뷰 부재(NO Peer Review): DARPA는 전통적인 피어 리뷰 프로세스를 사용하지 않기 때문에— 이는 프로젝트의 평가와 승인 과정에서 혁신적이고 때로는 대담한 아이디어를 보호하고 촉진하는 데 도움이 됨
 - 연례 리뷰 부재(No Annual Reviews): DARPA에서는 연례 리뷰나 비슷한 단계별 평가 절차가 없고 프로그램 매니저들은 필요에 따라 검토 회의를 계획하기 때문에 프로그램의 진행 상황을 유연하게 관리할 수 있게 하고 빠른 조정과 적응을 가능하게 함
 - 합의 결정 부재(No Consensus Decision-Making): DARPA는 합의 기반의 결정 메커니즘을 사용하지 않는 대신, 프로그램 매니저와 고위 관리자가 중요한 결정을 내리기 때문에 신속하고 과감한 결정을 가능하게 함
 - 외부 리뷰의 부재(NO External Review): DARPA는 외부 리뷰를 요구하지 않으며, 이는 기관 내에서의 독립적인 결정을 가능하게 하고 있는데, 이러한 접근 방식은 혁신적인 아이디어가 외부의 전통적인 관점에 의해 방해받지 않도록 보장함

- **(프로그램 관리자의 역할)** DARPA의 프로그램 관리자(PM)는 광범위한 배경을 가진 혁신적인 사고가들로, 다양한 문제들을 해결하는 데 중요한 역할을 하며, 이들은 각자의 프로그램을 창조하고 관리하면서, 전략적이고 국가 안보에 관련된 큰 그림을 보아야 함
- **(프로그램 개발과 제안)** 새로운 PM이 되면 가능한 빠르게 새 프로그램을 개발해야 하며, 이를 위해 PM들은 프로그램을 제안하기 전에 프로그램의 목적, 혁신적인 접근 방식, 잠재적 영향 및 위험 요소 등을 명확히 하기 위해 Heilmeier Catechism이라고 불리는 일련의 질문에 답해야 함
- **(프로그램 관리)** 프로그램이 승인되면, PM은 프로그램을 신속하게 시작하고, 성과를 추적하고, 참여 연구 그룹들을 관리하는 역할을 맡게 되며, 이 과정은 현장 방문, 회의, 진행 보고, 전화 회의 등을 통해 이루어 짐
- **(행정 지원)** DARPA는 PM들이 프로그램 생성과 운영에 집중할 수 있도록 탁월한 행정 지원을 제공하며, SETA(Systems Engineering and Technical Assistance)라는 계약업체들이 기술적 및 행정적 경험을 가진 팀으로 PM들을 지원함
- **(학계와의 연계)** DARPA는 학계 출신의 개인이 PM으로 활동하기 쉽도록 여러 정책을 운영하고 있으며, PM들은 정부 직원이나 Intergovernmental Personnel Act(IPA)를 통해 비영리 기관에서 임대된 직원으로 일할 수 있음
- **(연구자와의 소통을 통한 모니터링 평가)** PM은 지속적으로 프로그램을 모니터링하며 초기 연구와 DARPA 내부 관계자 및 산업계와 학계의 외부 파트너들의 공동 노력을 통해 아이디어를 개발 및 정제
- 매월 프로젝트별 기술 평가와 연 2회 프로그램 차원 통합 평가가 이루어지며 각 단계별로 Go/No-Go 평가¹⁴⁾를 실시함
- PM들은 연구자들과 직접 만나 최신 연구 동향과 정보를 파악하고 새로운 연구 기회를 탐색하는데, 이러한 소통은 프로젝트의 진행 상황을 정확하게 파악하고 필요한 조정을 신속하게 하는 데 중요함(그림 3-8)
 - PM들은 컨퍼런스와 워크숍에 개최 또는 참여하여 연구 커뮤니티, 산업계, 정부, DARPA 주요 관계자들의 상호작용을 통해 연구 진행 상황을 확인하고 연구 방향에 대한 피드백을 제공함¹⁵⁾

14) Go/No-Go 평가를 통과하지 못하면 추가 지원은 중단되며(매년 프로그램의 약 20%가 종료), 평가의 주요 기준은 마일스톤과 하일 마이어의 질문임



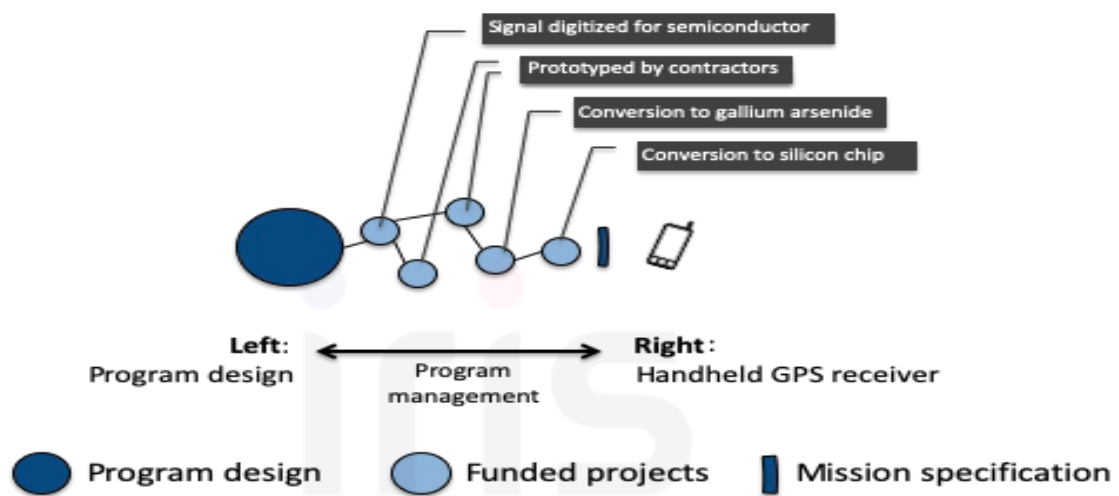
<그림 3-8> 미국 DARPA PM의 연구자 소통과 과제 관리 사례

□ (사례) DARPA의 소형 GPS 개발은 명확한 목표 설정과 그에 대한 프로그램 평가 방법, 즉 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하는 모델의 실례를 보여 줌

- 먼저 DARPA는 지상 부대와의 초기 상호 작용을 통해 지금까지 임무를 수행하기에는 너무 무거웠던 초기 위성 기반 내비게이션 기술의 휴대용 버전에 대한 분명한 필요성을 확인하였음
- 이에 따라 PM인 서먼 카프 박사는 "군용 P-코드 기능을 갖춘 배터리로 작동하는 휴대용 수신기를 실현하는 것"을 프로그램의 목표로 설정함
 - 소형화를 핵심 목표로 삼은 이 프로그램은 GPS 신호를 디지털화하여 여러 아날로그 하드웨어 구성 요소를 대체할 수 있도록 소형화된 반도체 칩으로 제작하는데 초점을 맞춘 연구 프로젝트를 선정할 수 있었음(그림 3-9)
 - 중요한 점은 10파운드의 특정 무게 제한에 따라 DARPA는 이 목표를 달성하기 위해 프로토타입을 설계할 수 있는 능력을 바탕으로 적극적으로 관리할 수 있는 5개의 다른 방위 계약업체를 찾을 수 있었음
 - 그 중 Magavox Research Labs와 Rockwell Collins 두 곳이 최종적으로 이 장치의 본격적인 개발을 위해 선정되었음

15) 사례: 2022년 8월 개최된 DARPA Forward 세미나는 1)DARPA의 범위와 영향력을 확장하고 지역 및 국가 혁신 생태계에 활력을 불어넣고 고위험/고수익 접근 방식을 장려하고, 2)국가 안보를 위해 전국의 기술 전문가, 창의적인 사상가 및 뛰어난 혁신가와 네트워킹을 하는 것이며, 3)세상을 바꾸는 기술 개발을 위한 혁신가의 참여를 독려하기 위한 목적으로 개최됨. 이를 통해 DARPA 지원 기술그룹, 전 세계에 걸친 동문회, DARPA 사업 참여자, DARPA Risers와의 광범위한 네트워크 구축에 총력을 다하여, 유능한 PM 및 인재 발굴과 지속적인 지지 기반을 확보하고자 하였음. 특히 이해관계자들과의 적극적인 소통을 위해 PM을 중심으로 컨퍼런스 등을 개최하고 지역 활성화, 국가 혁신 시스템 구축, 국가 안보의 돌파구 마련 및 가속화를 위한 DARPA의 미션과 과제를 공유하고 있는 것으로 조사됨

- 요약하자면, DARPA의 휴대용 GPS 프로그램은 지상에서 사용자와의 직접적인 상호 작용을 통해 매우 명확한 목표를 설정할 수 있었음
- 이러한 목표는 결코 간단하지 않았으며, 오늘날 우리가 휴대전화에 탑재하고 있는 버전과 매우 유사한 휴대용 GPS를 개발하기 위해 상당한 기술적 위험을 감수해야 했음
- 그러나, 명확한 목표가 있었기 때문에 여러 계약업체와 연구원이 쉽게 참여할 수 있었고, 이러한 위험을 감수함으로써 얻을 수 있는 잠재적 수익을 체계적으로 재평가할 수 있었으며, 프로젝트의 단계(예: 기초 연구, 프로토타입 제작, 본격적인 개발)가 서로를 기반으로 구축됨



〈그림 3-9〉 오른쪽의 휴대용 10파운드 수신기라는 임무 목표를 위해 구축된 DARPA의 GPS 프로그램에서 투자한 다양한 프로그램 사례

- 위의 그림에서 왼쪽의 큰 점은 솔루션 공간이 될 포트폴리오의 프로그램 설계와 예산 규모를 나타내고 오른쪽에는 문제 공간이 있고 이는 PM이 정의한 미션 사양이며 그 사이의 작은 점들은 자금이 지원되고, 종료되고, 발전하고, 활발하게 관리되는 특정 프로젝트를 나타냄
- (까다로운 프로젝트 평가) DARPA의 GPS 프로그램은 10파운드의 소형 수신기에 대해 구체적으로 원하는 결과를 제시했으며 집중된 목표와 명확한 결과 지표를 바탕으로 PM은 연구 프로젝트 또는 계약업체가 진전을 이루고 있는지 평가할 수 있었음
- 예를 들어, 소형화를 위해서는 GPS 신호를 디지털화해야 하므로 이를 달성할 수 없는 연구 프로젝트는 포기해야 한다는 것이 분명했으며, 솔루션 제공업체 역시 프로토타입의 무게에 따라 선별될 수 있었음
- 궁극적으로 이 프로젝트는 지상에서 군인을 위해 개발되고 있었기 때문에 프로토타입의 사용성과 고객 만족도를 테스트할 수 있었음

4) 운영 방식의 유연성과 효율성

- (조직의 유연성) PM은 프로그램을 관리하고 목표를 달성할 수 있는 유연성을 부여받음(Carolyn Fu et al, 2021)
 - DARPA는 국장-실장-PM으로 구성된 수평적 조직, 개인중심 의사결정시스템의 유연성으로 정확한 소통과 빠르고 신속한 의사결정 가능함
 - DARPA는 국방부의 광범위한 혁신 시스템 내에서 높은 수준의 '운영의 자유'를 누리고 있으며, 전반적으로 국방부 장관에게 직접 보고하므로 자체 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 프로그램과 방법을 개발하는 데 상당한 재량권이 주어짐
 - 내부적으로 DARPA는 평평한 조직을 유지하며, PM은 DARPA 국장으로부터 두 단계만 관리 직급을 낮춤
 - PM은 연구 및 프로토타입 개발을 위해 함께 일하는 계약자/연구원과 마찬가지로 일반 공무원 요건을 벗어나 고용됨
 - 이를 통해 DARPA 시스템은 연구 프로그램을 설계하고 운영하는 데 필요한 인재를 유치할 수 있고 PM은 필요한 리소스를 쉽게 확보할 수 있음
 - 또한, PM은 4~5년 단위로 임용되기 때문에 이직률과 새로운 사고를 보장하고 프로그램 목표를 달하기 위해 어느 정도 시간적 압박을 받음
- 미국국립연구위원회(National Research Council, NRC)는 DARPA의 의사결정이 비공식적이며 유연하다고 설명함(NRC, 2005)
 - 전통적인 정부 기관과 달리, DARPA는 비공식적이고 유연한 접근 방식을 취하는데, 이는 신속한 결정과 적응 능력을 가능하게 하며, 변화하는 기술 환경에 효과적으로 대응할 수 있도록 함
 - 문제 정의에는 하향식 접근 방식을, 아이디어 및 솔루션 생성에는 상향식 접근 방식을 취하며, 기술적 장점에 중점을 두으로써 전략적 방향성과 현장에서의 실제적인 통찰력이 조화를 이루도록 하는 특징을 가지고 있음
- 국방분석연구소는 군사적 이점을 위한 다양한 파괴적 능력의 개발과 활용을 촉진한 6가지 관리 관행을 확인함(Van Atta et al, 2003)
 - (1)기본 기술에 투자, (2)변화를 지지하는 커뮤니티 구축, (3)여러 시나리오에 걸쳐 전략적 과제 정의, (4)통합적이고 파괴적인 기능의 개념적 개발 지원, (5)대규모 개념 증명 시연을 통한 테스트, (6)국방부 장관실과의 협력을 통한 특정 파괴적 역량 구현

3.2 프로그램 관리자(PM) 제도의 시스템화

1) DARPA의 '리더십'에 대한 인식과 PM의 특성

- (리더십에 대한 인식) DARPA의 리더십은 명확한 비전을 제시하여 혁신적인 사고와 행동을 촉진하는 것임(Carleton, 2010)
 - Stringer(2000)은 대기업이 급진적 혁신에 어려움을 겪는 네 가지 이유로 현상 유지에 드는 비용, 조직의 안정성을 유지하기 위한 유연하지 못한 관료주의, 내부 R&D 프로젝트에 대한 과도한 의존, 급진적 혁신가들의 의미 있게 유치하고 보상하지 못한다는 점을 지적함
 - Hebda et al(2007)과 Vojak et al(2006)은 기술 비전가를 CEO 역할과는 별개로 큰 아이디어의 추진자로서 혁신 노력을 주도하는 것으로 구분하고 "기술 비전가는 프로젝트의 시작부터 밀접하게 관여하여 중요한 기술적 돌파구를 제시하고 시장에 출시되어 삶을 크게 변화시킨 기술자"라고 정의함
 - Deschamps(2008)은 혁신 리더를 정의하는 6가지 속성으로 훈련된 창의성, 불확실성과 위험에 대처하는 능력, 열정, 외부 아이디어를 탐색하고 실험하려는 의지, 프로젝트를 중단할 수 있는 용기, 혁신 팀을 모집하고 구축할 수 있는 재능을 제시
 - DARPA PM과 리더십은 단순히 중재자나 조정자 역할을 하는 것이 아니라 제3자 행위자간의 관계를 형성하기 위해 적극적으로 노력한다고 하였음(Bonvillian, 2019)
- (리더십 특성) DARPA의 업무 성격과 문서에서 추론할 수 있는 조직 구조를 바탕으로, 내부의 리더십은 다음과 같은 특성으로 특징지어짐
 - (혁신 주도) DARPA의 리더들은 종종 과학과 기술의 경계를 넘어서 혁신을 추진하고 지원할 것으로 기대됨
 - (비전 있는 접근) DARPA의 리더십은 "전략적 놀라움"을 초래하고 국가 안보의 풍경을 바꿀 수 있는 혁신적인 기술과 능력의 발전을 식별하고 장려하는 것을 포함함
 - (협력적 정신) DARPA의 리더들은 정부, 학계, 산업계 파트너들과 함께 활발한 생태계 내에서 작업하며, 이는 그들의 리더십 스타일에 협력적인 정신이 필수적임을 시사함

- **(권한 부여)** 프로그램 매니저와 기술 사무국 리더들은 자신의 이니셔티브를 이끌 수 있는 상당한 자율성을 부여받으며, 이는 개인의 전문성과 의사 결정에 대한 신뢰를 중시하는 리더십 철학을 나타냄
- **(민첩성)** DARPA의 조직 문화는 민첩하며, 프로그램 매니저와 기술 사무국 리더십에 대한 높은 이직률과 제한된 근무 기간을 특징으로 하여, 그들의 리더십 역할에서 적응성의 중요성을 강조함
- **(윤리적 기준)** DARPA의 리더십은 또한 높은 행동 기준, 윤리적 고려 사항을 유지하고 조직 갈등의 이해 관계를 관리하는 것을 포함하며, 이는 무결성과 윤리적 리더십에 대한 헌신을 나타냄
- **(전략적 일치)** DARPA 리더들은 국가 안보를 위한 혁신적인 기술을 창출하는 기관의 전체적인 미션과 일치하는 프로그램과 결정을 내려야 함
- **(PM의 재량권)** DARPA의 PM은 기여할 수 있는 유용한 기술 공백을 파악한 후, 추가 개발을 통해 이 중요한 격차를 메우는 데 도움이 될 수 있는 초기 프로그램 세트를 선정하는 프로세스를 수행
 - PM은 자신의 전문 지식을 바탕으로 군사 문제에 대한 유망한 솔루션을 제안하는 학술 연구자와 잠재적인 솔루션을 프로토타입으로 만들 수 있는 계약업체(스타트업 및 기업)에 자금을 할당할 수 있는 재량권을 가짐
 - 이 과정을 통해 PM은 아이디어를 통합하고, 팀을 구성하고, 생태계 전반의 리소스와 솔루션 제공업체를 활용하는 역할을 함
 - 따라서, 중요한 미션 요구사항을 충족할 수 있는 포트폴리오를 구축하려면 프로젝트를 선택할 뿐만 아니라 공동 제작하고 큐레이팅하는 능력도 필수적임
- **DARPA PM은 전문성, 리더십, 리스크테이커, 비전가, 목표달성에 대한 열정, 신속한 아이디어 구현 능력이 요구됨(Carleton, 2010)**
 - **(다양한 분야의 전문성)** DARPA PM은 기업, 대학, 국립 연구소, 비영리 연구 기관, 연방 지원 R&D 센터, 군대 등 다양한 분야에서 채용되며, 이를 통해 심도 있는 기술 지식과 광범위한 인맥을 확보
 - **(기술 커뮤니티에서의 리더십)** DARPA PM은 기술 커뮤니티에서 이미 리더로 활동 중이거나 리더가 될 준비가 된 주제별 전문가들로 구성되며, 이들은 DARPA 프로그램을 창조하고 관리하는 데 필요한 독창적이고 혁신적인 사고를 가지고 있음

- **(위험 감수 능력)** 이들은 벤처 캐피털리스트처럼 열정적이며, 프로그램이 중대한 기술 발전을 가져올 것이라는 확신을 가지고 있으며 그들은 전문적인 위험을 감수하며, 이는 과학적 또는 공학적 통찰력을 실제적인 성과로 전환하는 데 있어 성공을 보장할 수 없는 위험을 포함함
- **(동기 부여가 높은 비전가)** DARPA PM은 경영과 기술 모두에서 성공할 수 있는 높은 동기 부여를 가진 비전가로서, 단순히 비전을 탐구하는 것이 아니라 실제 결과를 추구함
- **(목표 달성을 위한 내재적 욕구)** 이들은 임기 내에 비전이나 목표를 달성하려는 강한 내재적 욕구를 가지고 있으며, 비전 수립을 촉진하는 능력을 갖추고 있음
- **(신속한 아이디어 구현 능력)** DARPA PM은 압축된 시간 안에 새로운 아이디어를 상상하고 구축할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, 이를 통해 과학계와 대중 언론에서 거의 신비로운 힘을 발휘함

<표 3-4> DARPA PM의 의미에 대한 언급 사례

DARPA는 모든 프로그램이 좋은 아이디어와 이를 추진할 훌륭한 인재를 충족할 것을 요구한다. 어느 하나라도 없다면 DARPA는 프로그램을 시작하지 않는다.(※DARPA : 강력한 연구아이디어와 해당 연구프로그램을 관리할 특출한 전문가가 모두 확보되어야 연구 착수) “DARPA insists that all programs start with good ideas and good people to pursue them; without both of these things, DARPA will not start a program.”(Strategic Plan) “We will not start a research program without both : a powerful research idea and an exceptional person to manage the program”
DARPA에서는 PM이 열정적이지 않으면 아무것도 기대할 수 없다. “Nothing happens unless a program manager is passionate about it.” (Innovation at DARPA)
PM은 과학적 검토 과정의 핵심입니다. PM is the lynchpin in the Scientific Review Process(DARPA Guide)

2) DARPA PM의 현황

- DARPA에는 약 100명의 PM(PM당 연간 약 3,000만 달러)이 있으며, 이들은 각자 자신이 설계한 연구 아젠다를 가지고 약 3년의 프로그램을 운영함
- 바이오테크놀로지실(BTO) 13명, 방위과학실(DSO) 10명, 정보혁신실(I2O) 24명, 마이크로시스템기술실(MTO) 18명, 전략기술실(STO) 15명, 전술기술실(TTO)에 21명의 PM이 있는 것으로 조사됨(그림 3-10)

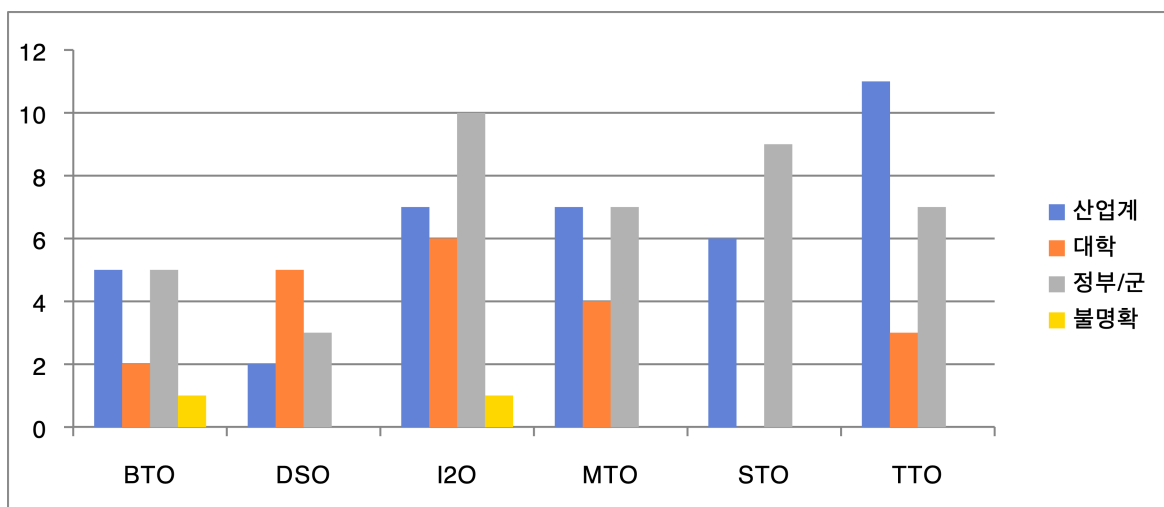
<표 3-5> DARPA PM 현황(2023.11.18. 기준)

부서	BTO	DSO	I2O	MTO	STO	TTO	합계
인원(명)	13	10	24	18	15	21	101

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

<표 3-6> DARPA PM의 출신 현황(가장 최근 또는 주요 경력 기반 분류)

구분	산업계	대학	정부/군	불명확	계
BTO	5	2	5	1	13(명)
DSO	2	5	3	0	10(명)
I2O	7	6	10	1	24(명)
MTO	7	4	7	0	18(명)
STO	6	0	9	0	15(명)
TTO	11	3	7	0	21(명)
계	38	20	41	2	101(명)



<그림 3-10> DARPA PM의 출신 현황

- 먼저, 바이오기술실(BTO)에는 총 13명의 PM이 있으며, PM에 대해 제공된 정보를 바탕으로 다음과 같은 주요 특징과 경향을 확인할 수 있음
- **(다양한 학문적 배경)** PM들은 심리학, 인지 신경과학, 생체 의공학, 분자 및 해양 생물학, 미생물학, 생물정보학, 세포 및 발달 생물학, 정치 과학, 유전 역학, 합성 생물학, 생화학, 독성학, 미생물학, 항공우주 공학, 분석 화학 등 다양한 분야의 학문적 배경을 가지고 있으며, 이러한 다양성은 생물 기술의 학제 간 특성을 반영함
 - **(고등 교육 성취)** 각 PM은 명문 기관에서 박사 학위, 박사 후 연구원 과정, 학사 학위를 포함한 상당한 교육적 성과를 달성했으며, 이는 학문적 우수성과 연구에 대한 강한 헌신을 보여주고 있음
 - **(풍부한 연구 경험)** 모든 PM들은 여러 피어 리뷰 저널 기사, 특허 등을 통해 강력한 연구 배경을 가지고 있으며, 그들의 연구는 다양한 주제에 걸쳐 있고 각자의 분야에서 지식을 발전시키는 데 깊은 헌신을 보여줌
 - **(이전 역할에서의 리더십과 혁신)** DARPA에 합류하기 전, 많은 PM들은 국가 기관, 대학, 연구소 등에서 리더십 포지션을 맡았으며 그들은 팀을 이끌고, 프로젝트를 관리하며, 자신들의 분야에서 중요한 발전에 기여했음
 - **(수상 경력)** 여러 PM들은 과학자 및 엔지니어를 위한 대통령 초기 경력상, DARPA 젊은 교수상 등과 같은 공로를 인정받는 여러 상을 수상했으며, 이는 그들의 전문 커뮤니티에서 높은 수준의 인정과 존경을 나타냄
 - **(DARPA 미션과의 일치)** PM들 사이에 공통적인 주제는 생물보안, 질병 예방, 생물 위협 대책, 전사의 성능 향상 등과 관련된 연구 및 프로젝트에 초점을 맞추고 있다는 것이며, 이는 국가 안보를 위한 돌파구 기술에 대한 투자를 목표로 하는 DARPA의 임무와 일치함
 - **(학제 간 협력적 접근)** PM들의 배경과 현재 관심사는 여러 분야가 융합되는 생물 기술 분야에서 중요한 학제 간 협력에 대한 강한 경향을 나타내고 있음
 - **(정부 및 군사 기관에서의 경험)** 많은 PM들은 국가 지리정보국, 연방 수사국, 미국 해군, 국방부 등과 같은 정부 및 군사 기관에서 근무한 경험이 있으며, 이러한 경험은 방위 응용 기술 개발의 고유한 요구 사항과 도전을 이해하는 데 가치가 있을 것으로 파악됨
 - **(멘토링 및 교육에 대한 헌신)** PM들의 경력사항에는 멘토링과 교육에 대한 강조가 두드러지는데, 대부분의 PM들이 교수, 자문가, 멘토로 활동한 경험이 있으며 이는 과학자 및 연구자의 다음 세대를 육성하는 데 대한 헌신을 보여줌
 - **(첨단 기술분야 활동)** 그들의 관심사와 이전 경험은 생물정보학, 유전자 편집, 생체 전자학, 합성생물학, 컴퓨터 모델링 등 최첨단 기술 및 연구에 대한 깊이를 보여주고 있으며, 이는 생물 기술의 최전선에서 혁신을 주도하는 그들의 역할을 강조함

<표 3-7> DARPA BTO의 PM 현황 및 특징

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Dr. Joeanna Arthur	• 전문 분야: 운영 신경과학, 인간 성능 최적화, 예측 분석 • 이전 경력: 국가지리정보국(National Geospatial-Intelligence Agency)의 선임 과학자, FBI의 과학기술 프로그램 디렉터 • 교육: 심리학 및 인지 신경과학 박사 학위
Dr. Christopher Bettinger	• 관심 분야: 생체전자학, 세포 공학 • 이전 경력: 카네기 멜론 대학교의 교수 • 교육: 화학공학, 생물화학공학, 재료과학공학에서 학사, 석사, 박사 학위
Dr. Catherine Campbell	• 전문 분야: 분자 및 해양 생물학, 미생물학, 생물정보학 • 이전 경력: 바이오 방위 분야에서 정보 시스템 설계 • 교육: 미생물학 학사, 해양 생물학 석사 및 박사 학위
Dr. Anne Cheever	• 관심 분야: 생물보안, 생물공학, 생물정보학, 유전자 편집 • 이전 경력: MITRE Corporation에서 주도적인 생물공학자 • 교육: 세포 및 발달 생물학 박사, 생태학, 행동학 및 진화 학사
DR Jean-Paul Chretien	• 관심 분야: 질병 및 부상 예방, 운영 의학, 생물 위협 대책 • 이전 경력: 국방 정보국의 전염병 경고 팀 리더 • 교육: 정치 과학 학사, 생물통계학 석사, 유전 역학 박사
Dr. Linda Chrisey	• 전문 분야: 합성생물학, 미생물 에너지 수확, 인간 마이크로바이옴 • 이전 경력: 해군 연구소(Naval Research Laboratory)의 연구 화학자 • 교육: 생화학 학사, 생물유기화학 박사
Dr. Michael Feasel	• 관심 분야: 분자 독성학, 화학/생물 위협 탐지, 제약 과학 • 이전 경력: 미국 육군 전투 능력 개발사령부 화학생물센터 • 교육: 생화학 학사, 독성학 박사
Dr. Shannon Greene	• 전문 분야: 미생물학, 의료 대책 발견 및 제조 기술 개발 • 이전 경력: ManTech의 고급 과학자 • 교육: 지구생물학 학사, 미생물학 박사
Dr. Matthew Pava	• 관심 분야: 기반 시설 유지, 전투 트라우마 응급 치료, 수면 부족의 영향 완화 • 이전 경력: Lockheed Martin의 고급 기술 연구소에서 선임 과학자 • 교육: 신경과학 박사, 심리학 및 분자 생물학 학사
Dr. Tiffany Prest	• 전문 분야: 감염병, 미생물 생태, 컴퓨터 모델링, 세포 및 분자 생물학 • 이전 경력: Booz Allen Hamilton에서 선임 과학자 • 교육: 미생물학 및 분자 유전학 박사
Dr. Mark Salvador	• 관심 분야: 지구 관측 및 원격 감지, 바이오센싱, 바이오컴퓨팅 • 이전 경력: Zi INC.의 대표 및 주요 과학자 • 교육: 항공우주 공학 학사, 응용 및 공학 물리학 석사 및 박사
Dr. Leonard Tender	• 전문 분야: 생물학적 공정의 사용자 정의 제어, 기후 및 공급망 복원력 • 이전 경력: 미국 해군 연구소의 주요 조사자 • 교육: 화학 학사, 분석 화학 박사
Lt. Col. Adam Willis	• 관심 분야: 뇌 손상의 생체역학, 운영 작업의 신경인지학, 중환자 의학 • 이전 경력: 미국 공군 의료 지휘부에서의 임상 신경과 전문의 • 교육: 물리학 학사, 이론 및 응용 역학 석사 및 박사, 의학 박사

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

- 방위과학실(DSO)은 미래의 국방 기술을 형성할 수 있는 고급 연구 프로젝트를 지원하고 있으며, 총 10명의 PM이 있고 그들에 대해 제공된 정보를 바탕으로 다음과 같은 주요 특징과 경향을 확인할 수 있음
 - **(학제 간 연구 및 혁신적인 접근)** DSO의 PM들은 광학, 양자 물리학, 재료 과학, 인공지능, 데이터 과학, 기계 학습, 에너지 저장, 양자 기술 등 다양한 분야에서 혁신적인 연구에 참여하고 있으며, 이들은 전통적인 과학 분야와 최신 기술 간의 교차점에서 새로운 모델링 접근법과 알고리즘을 탐색하고 있음
 - **(상위 교육 기관 및 연구 기관과의 연결)** 많은 PM들은 하버드 대학교, 스탠퍼드 대학교, MIT, 프린스턴 대학교, 존스 홉킨스 대학교 등 세계적인 교육 및 연구 기관에서 학위를 취득하였거나 교수로 재직한 경험이 있으며, 이러한 배경은 그들이 최첨단 연구와 혁신적인 기술 개발에 매우 능숙함을 보여줌
 - **(다양한 이전 경력)** 일부 PM들은 제너럴 일렉트릭(GE), 미 해군 연구소(Naval Research Laboratory), 국가 지리정보국(National Geospatial-Intelligence Agency), FBI와 같은 산업계 및 정부 기관에서 중요한 역할을 담당했으며, 이러한 다양한 경험은 그들이 과학과 기술의 실용적인 응용에 대한 깊은 이해를 가지고 있음을 보여줌
 - **(수상 경력)** PM들은 NSF CAREER 상, DARPA Young Faculty Award, IEEE Ultrasonics Young Investigator Award 등과 같은 여러 상을 수상하며 그들의 연구와 기여가 인정받았으며, 이는 그들이 해당 분야에서 주요한 인물임을 나타냄
 - **(신기술 개발에의 관심과 열정)** PM들은 에너지 저장 장치, 양자 물리학, 프로그램 가능한 구조, 고급 측정법, 신소재 화학 등 새로운 기술 개발에 관심을 보이고 있으며, 이러한 관심은 국방과학 분야에서 혁신적인 발전을 추구하는 DARPA의 사명과 일치함
 - **(리더십 및 멘토십)** 많은 PM들이 학문적 지도자로서 교수나 연구원으로서 경력을 가지고 있으며, 후학 양성에도 기여했으며, 이는 그들이 뛰어난 연구 및 기술 리더십을 가지고 있음을 보여줌

<표 3-8> DARPA DSO의 PM 현황 및 특징

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Dr. Sunil Bhawe	- 전문 분야: 광-기계시스템, 스핀-음향시스템, 원자-마이크로전자기계시스템 - 경력: 퍼듀 대학교 전기 및 컴퓨터 공학 교수 - 교육: 전기공학 및 컴퓨터과학 박사
Dr. Rohith Chandrasekar	- 관심 분야: 정적·동적 평면 이미징 시스템, 비선형 광학 장치, 레이더 시스템 - 이전 경력: 국가 지리정보국(National Geospatial-Intelligence Agency) - 교육: 전기공학 학사 및 석사, 박사
Dr. Andrew Detor	- 관심 분야: 재료 과학, 제조, 시스템 설계 - 이전 경력: 제너럴 일렉트릭(GE) 선임 주요 과학자 - 교육: 재료 과학 및 공학 학사 및 박사
Dr. Benjamin Grosz	- 관심 분야: 인공지능 기초, 인공지능 활용 응용 프로그램 - 이전 경력: Coherent Knowledge 창립 CEO 및 수석 과학자 - 교육: 응용수학 학사, 컴퓨터 과학 박사
Yannis Kevrekidis	- 관심 분야: 응용 수학, 데이터 과학, 기계 학습 - 경력: 존스 홉킨스 대학교 Bloomberg Distinguished Professor - 교육: 화학 및 생물 분자 공학, 응용 수학 및 통계
Dr. Vishnu Sundaresan	- 관심 분야: 고에너지 밀도 에너지 저장 장치, 양자 효과, 구조 프로그래밍 - 이전 경력: 버지니아 커먼웰스 대학교, 오하이오 주립 대학교 - 교육: 기계 공학 박사
Dr. Susan Swithenbank	- 관심 분야: 추진 기술, 원격 감지, 유체 및 유체-구조 상호 작용 - 이전 경력: 미 해군 표면전쟁센터(Naval Surface Warfare Center) - 교육: 해양 공학 박사, 기계 공학 학사
Dr. Mukund Vengalattore	- 관심 분야: 양자 과학, 비평형 양자 역학 - 이전 경력: 코넬 대학교 물리학과 - 교육: 물리학, 전기공학, 컴퓨터 과학 학사, 물리학 박사
Dr. Keith Whitener	- 관심 분야: 촉매, 광화학, 나노물질 - 이전 경력: 미 해군 연구소(Naval Research Laboratory) - 교육: 화학 물리학 박사, 화학 학사
Dr. Greg Witkop	- 관심 분야: 신경과학, 비침습적 생리 모니터링, 머신러닝 - 이전 경력: FBI 특수 요원, 워싱턴 대학교 연구원 - 교육: 생물학 학사, 의학 박사, 조직 리더십 석사

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

- 정보혁신실(I20)에는 총 24명의 PM이 있으며, 이들은 다양한 분야에서 전문적인 지식과 경험을 가지고 있음
- **(다양한 전문 분야)** I20의 PM들은 인공지능(AI), 사이버 보안, 컴퓨터 보안, 데이터 과학, 양자 정보, 사회 기술 시스템, 인간-기계 상호작용 등 다양한 분야에서 전문성을 가지고 있으며, 이는 정보 기술의 광범위한 응용 분야를 반영함
 - **(군과 정부 기관 경험)** 많은 PM들이 미국 육군, NSA, 미 국방부 등 군과 정부 기관에서 중요한 역할을 수행했으며, 이러한 경험은 국방 및 보안 분야의 요구사항과 도전 과제에 대한 깊은 이해를 나타냄

- **(학제 및 연구 기관과의 연계)** 여러 PM들은 라이스 대학교, 럿거스 대학교, MIT 등의 저명한 학제 및 연구 기관에서 연구 및 교수직을 수행했으며 이는 기술 혁신과 연구 개발에 중점을 둔 I2O의 목표와 일치함
- **(산업계 경험)** 일부 PM들은 Lockheed Martin, Raytheon BBN Technologies, Leidos와 같은 선도적인 기술 회사에서 근무한 경험이 있으며 이러한 경험은 실제 산업계의 기술적 도전과 상용화에 대한 이해를 제공함
- **(교차 분야 연구)** I2O의 PM들은 기계 학습, 컴퓨터 보안, 사이버 작전, 양자 컴퓨팅 등의 분야에서 교차 분야 연구를 수행하고 있으며 이는 DARPA가 기술 혁신을 위해 다양한 분야의 지식을 통합하는 것을 중시한다는 것을 보여줌
- **(포괄적인 교육 배경)** PM들은 컴퓨터 과학, 전기공학, 물리학, 인지 심리학 등 다양한 학문 분야에서 학사, 석사, 박사 학위를 보유하고 있으며, 이는 그들의 광범위한 지식 범위와 학제 간 접근을 강조함
- **(혁신적인 연구 및 개발)** PM들은 AI 추론 및 계획, 사이버 보안, 데이터 보호, 양자 커뮤니케이션 등에서 혁신적인 연구와 개발을 주도하고 있으며, 이는 DARPA의 미래 지향적인 연구 개발 전략을 반영함

<표 3-9> DARPA I2O의 PM 현황 및 특징

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Ms. Perri Adams	• 전문 분야: 취약점 발견, 보안소프트웨어 개발, 프로그램 분석, 인공지능 • 이전 경력: 보잉, Two Six Technologies에서 다양한 미 정부 고객 지원 • 교육: 컴퓨터 과학 학사
Dr. Nathaniel D. Bastian	• 관심 분야: 인공지능(AI), 사이버 작전 • 이전 경력: 미국 육군사관학교에서 교수 및 사이버전 전문가 • 교육: 산업 공학 및 운영 연구 박사
Dr. Sergey Bratus	• 전문 분야: 컴퓨터 보안, 침입 분석 • 이전 경력: 다트머스 대학교에서 연구 부교수 • 교육: 수학 박사
Dr. Erica Briscoe	• 관심 분야: 계산 사회과학, 사회-기술 시스템, 과학 및 기술 분석 • 이전 경력: 메릴랜드 대학교 방위부 연구소 소장 • 교육: 인지 심리학 박사 및 석사, 정보 시스템 석사
Mr. Marc Calabrese	• 관심 분야: 자동화, 네트워크 보안, 프로그램 분석 • 경력: 산업 및 공공 서비스에서 연구, 개발, 테스트 및 평가 경험 • 교육: 전기공학 석사, MBA, 전기공학 학사
Dr. Wil Corvey	• 관심 분야: 인간 언어 기술, 인공지능 • 이전 경력: 미 국방부에서 계산 언어학자 • 교육: 언어학 및 인지 과학 박사, 언어학 석사
Dr. Mark Flood	• 관심 분야: 계산 금융, 금융 정보, 금융 시스템 복원력 • 이전 경력: 메릴랜드 대학교에서 금융 부교수 • 교육: 금융 박사, 금융 및 독일어 학사
Mr. Daniel R. Kerr	• 전문 분야: 사이버 보안 운영 • 이전 경력: Peraton Labs의 수석 과학자 및 기술 디렉터 • 교육: 컴퓨터 과학 석사 및 학사

<표 3-10> DARPA I20의 PM 현황 및 특징(계속)

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Dr. Brian Kettler	- 관심 분야: 자동화된 의사결정 지원, 사회문화 시스템 모델링 - 이전 경력: Lockheed Martin의 주요 연구원 - 교육: 컴퓨터 과학 박사, 컴퓨터 과학 학사
Ms. Allison Kline	- 전문 분야: 사이버 보안, 프로그램 분석, 에뮬레이션 - 경력: 정부 고객 지원, 기술 고문 - 교육: 커뮤니티 칼리지 준학사
Mr. Michael Lack	- 관심 분야: 개인 정보 보호, 보안 통신, 사이버 보안, 임베디드 시스템 - 이전 경력: STR의 사이버 및 물리 시스템 부서의 수석 과학자 - 교육: 컴퓨터 과학 석사 및 학사
Dr. Matthew Marge	- 관심 분야: 인공지능, 인간-기계 상호작용, 다중 에이전트 시스템 - 이전 경력: 육군 연구소의 선임 컴퓨터 과학자 - 교육: 컴퓨터 과학 박사 및 석사
Mr. William Martin	- 관심 분야: 고성능 시스템의 연속적 추론 개발 - 이전 경력: NSA의 사이버보안 전문가 - 교육: 컴퓨터 과학 석사 및 수학 학사
Mr. Bernard McShea	- 관심 분야: 기계 학습, 사이버 보안 - 이전 경력: BAE 시스템즈의 선임 연구원, MITRE의 선임 사이버 보안 엔지니어 - 교육: 컴퓨터 과학 석사 및 학사
Mr. John-Francis Mergen	- 관심 분야: 사이버 보안 - 이전 경력: Raytheon BBN Technologies의 수석 과학자 - 교육: 경영 정보 시스템 석사, 전기공학 및 운영 연구 학사
Mr. Naim Merheb	- 관심 분야: 사이버 작전 - 이전 경력: 존스홉킨스대 응용 물리 연구소의 주요 위성통신시스템 엔지니어 - 교육: 컴퓨터 과학 및 전기공학 석사, 전기공학 학사
Dr. Allyson O'Brien	- 관심 분야: 양자 정보 및 사이버 보안 - 이전 경력: Leidos, BAE 시스템즈에서의 양자통신 및 사이버 기술 연구자 - 교육: 물리학 박사 및 석사, 물리학 및 에너지 과학 학사
Mr. Tejas Patel	- 관심 분야: 사이버 공간 운영 및 방위 임무 분야 - 이전 경력: DARPA I20 프로그램의 주요 조사자, 사이버 연구개발 지원 - 교육: 통신 석사, 컴퓨터 공학 및 전기공학 학사
Dr. Victoria Romero	- 관심 분야: 인지 보안, 행동 과학 통합 - 이전 경력: CACI의 주요 행동 과학자 - 교육: 인지 심리학 박사 및 석사, 심리학 학사
Dr. Patrick Shafto	- 관심 분야: 인공지능, 수학, 기계 학습, 인간-기계 공생 - 이전 경력: 럿거스 대학교의 수학 및 컴퓨터 과학 교수 - 교육: 컴퓨터 과학 박사, 석사 및 학사
Dr. Howard Shrobe	- 관심 분야: 컴퓨팅 시스템, 사이버 보안, 인공지능 - 이전 경력: MIT의 컴퓨터 과학 및 인공지능 연구소 연구원 - 교육: 컴퓨터 과학 박사 및 석사, 과학 학사
Dr. Alvaro Velasquez	- 관심 분야: 인공지능, 기계 학습, 순차적 의사 결정 - 이전 경력: 미 공군 연구소의 기계 지능 포트폴리오 리더 - 교육: 컴퓨터 과학 박사, 석사 및 학사
Dr. Dan Wallach	- 관심 분야: 컴퓨터 보안, 암호학 - 이전 경력: 라이스 대학교 컴퓨터 과학 부교수 - 교육: 컴퓨터 과학 박사 및 석사, 과학 학사
Dr. Matthew Wilding	- 관심 분야: 소프트웨어 공학, 중요 시스템 보증 - 이전 경력: 콜린스 항공우주에서 신뢰할 수 있는 방법 그룹 관리 - 교육: 컴퓨터 과학 박사, 컴퓨터 과학 학사

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

- 마이크로시스템기술실(MTO)에 18명의 PM이 있는 것으로 조사되었으며 MTO의 PM들은 다양한 전문 분야, 학계 및 연구 기관과의 연계, 정부 및 군 경험, 산업계 경험, 혁신적인 연구 및 개발, 포괄적인 교육 배경 등의 특성을 보여주고 있음
- **(다양한 전문 분야)** MTO의 PM들은 고출력 마이크로파, 양자 기술, 반도체 기술, 통합 광자학, RF 시스템, 레이저 및 증폭기 기술, 고성능 컴퓨팅 등 다양한 분야의 전문가들로 구성되어 있으며, 이는 MTO가 마이크로시스템 기술의 전체 스펙트럼을 아우르는 연구와 혁신에 집중하고 있음을 보여줌
 - **(학계 및 연구 기관과의 연계)** 여러 PM들은 조지아 공과대학교, UCLA, 미 해군 연구소(NRL) 등의 저명한 학계 및 연구 기관에서 중요한 역할을 수행했으며, 이는 기술 혁신과 연구 개발에 중점을 두는 MTO의 목표와 일치함
 - **(정부 및 군 경험)** 일부 PM들은 미사일 방어국, 미 육군 연구소, NSA 등 군과 정부 기관에서 근무한 경험이 있음
 - **(산업계 경험)** 일부 PM들은 레이션, 샌디아 국립 연구소, Booz Allen Hamilton 등의 선도적인 기술 회사에서 근무한 경험이 있음
 - **(혁신적인 연구 및 개발)** PM들은 통합 마이크로시스템, 고성능 컴퓨팅, 양자 커뮤니케이션 등에서 혁신적인 연구와 개발을 주도하고 있음
 - **(포괄적인 교육 배경)** PM들은 전기 공학, 물리학, 컴퓨터 공학 등 다양한 학문 분야에서 학사, 석사, 박사 학위를 보유하고 있음

<표 3-11> DARPA MTO의 PM 현황 및 특징

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Dr. David K. Abe	• 전문 분야: 진공 전자 기술, 고출력 마이크로파, 충전 입자 빔 장치 • 이전 경력: 미 해군 연구소 전자기 기술 분야 책임자 • 교육: 공학 학사, 전기 공학 석사 및 박사
Dr. Joe Altepeter	• 관심 분야: 양자 및 양자 영감 기술, 새로운 센서 및 이미징 시스템 • 이전 경력: 노스웨스턴 대학교 전기공학 및 컴퓨터 과학 부교수 • 교육: 물리학 학사, 물리학 박사
Dr. Todd Bauer	• 관심 분야: 방사능 내성 마이크로시스템, 마이크로시스템 제작 • 이전 경력: 샌디아 국립 연구소에서 기술 스태프 구성원 • 교육: 화학 및 핵 공학 박사
Dr. Justin Cohen	• 전문 분야: 양자 광학, 정밀 측정, 음향 광학 • 이전 경력: Booz Allen Hamilton에서 과학자 • 교육: 물리학 및 수학 학사, 물리학 석사 및 박사
Mr. John Davies	• 관심 분야: 적응형 RF 시스템, AI, 실시간 신호 처리 • 이전 경력: Leidos 혁신 센터에서 기술 펠로우 • 교육: 전기 공학 학사 및 석사

<표 3-12> DARPA MTO의 PM 현황 및 특징(계속)

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Dr. Thomas Ehrenreich	- 관심 분야: 광섬유 레이저 및 증폭기, 가시 및 X선 분광학 - 이전 경력: 미사일 방어국 센서 및 에너지기술사무소에서 제품 매니저 - 교육: 컴퓨터 과학 학사, 물리학 석사 및 박사
Dr. Jonathan Hoffman	- 관심 분야: 양자 감지 및 정보 과학, 광학 및 광자학 - 이전 경력: 미 육군 전투 능력 개발사령부 연구소에서 연구 과학자 - 교육: 수학 및 물리학 학사, 물리학 석사 및 박사
Dr. Bryan Jacobs	- 관심 분야: 최적화, 기계 학습, 생체 인식 암호화 - 이전 경력: 존스 홉킨스 응용 물리 연구소에서 주요 직원 물리학자 - 교육: 전기 공학 학사, 응용 물리학 석사, 물리학 박사
Dr. Yogendra Joshi	- 전문 분야: 다중 규모 열 관리 - 현재 위치: 조지아 공과대학교 기계 공학 교수 - 교육: 기계 공학 학사, 석사, 박사
Dr. Thomas Kazior	- 관심 분야: 반도체 재료 및 장치 설계, 패브리케이션 및 통합 - 이전 경력: 레이시온의 선임 연구원 - 교육: 전기 공학 학사, 재료 과학 및 공학 박사
Dr. Sung Kyu Lim	- 전문 분야: 2.5D 및 3D 집적 회로의 설계 및 전자 설계 자동화 - 현재 위치: 조지아 공과대학교 전기 및 컴퓨터 공학 교수 - 교육: 컴퓨터 과학 학사, 석사, 박사
Mr. Daniel Ridge	- 관심 분야: 고성능 컴퓨팅, 취약점 평가, 미디어 포렌식 - 이전 경력: 방위 분석 연구소 연구원 - 교육: 메릴랜드 대학교 컴퓨터 과학 및 시스템 공학 부문 연구 조교
Mr. Michael Sangillo	- 관심 분야: 사이버 전자전, 통신 및 레이더 기술 - 이전 경력: Spear Research 창립자 및 CEO - 교육: 전기 및 컴퓨터 공학 석사 및 학사
Dr. Anna Tauke-Pedretti	- 관심 분야: 화합물 반도체 장치, 광전자 공학 - 이전 경력: 샌디아 국립 연구소에서 연구 및 개발 매니저 - 교육: 물리학 및 전기 및 컴퓨터 공학 학사, 석사, 박사
Ms. Trish Veeder	- 관심 분야: 이미지 센싱 기술 - 이전 경력: 레이시온에서 제품 라인 디렉터 - 교육: 기계 공학 석사 및 학사
Dr. James Wilson	- 관심 분야: RF, 아날로그 및 디지털 회로 개발 - 이전 경력: 육군 연구소의 실리콘 디자인 팀 리더 - 교육: 전기 공학 학사, 석사, 박사
Dr. Jason Woo	- 관심 분야: VLSI 기술, 초소형 반도체 장치 설계 - 이전 경력: UCLA 전기 공학 교수 - 교육: 공학 학사, 전기 공학 석사 및 박사
Dr. Lok Yan	- 관심 분야: 시스템 보안, 하드웨어/소프트웨어 공동 설계 - 이전 경력: 사이버 시스템 현대화를 위한 개인 분야 SW 리드 및 개발자 - 교육: 컴퓨터공학 학사, 전기공학 석사, 컴퓨터정보과학 및 공학 박사

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

- 전략기술실(STO)에 15명의 PM이 있는 것으로 조사되었으며, STO의 PM들은 전자전, 무선 통신, 우주 기술, 기계 학습, 인공 지능, 해양 시스템 등 다양한 분야에서 광범위한 전문 지식과 경험을 가지고 있음
 - **(다양한 기술 분야의 전문성)** STO의 PM들은 전자전, 우주 기술, 무선 통신, 인공 지능, 해양 자율성, 고급 센서 시스템 등 다양한 기술 분야에 전문성을 갖추고 있으며, 이는 STO가 국방기술의 다양한 영역에 걸쳐 혁신을 추진하고 있음을 나타냄
 - **(산업계와 학계 경력의 통합)** 여러 PM들은 산업계(예: AeroVironment Inc., Leidos) 및 학계(예: 조지아 공과대학교, UCLA)에서 중요한 역할을 수행한 경험이 있으며, 이는 기술 혁신과 연구 개발에 대한 깊은 이해와 실용적 접근을 제공함
 - **(군 및 정부 기관과의 연계)** 일부 PM들은 미 공군 연구소, 미 해군 연구소, MIT 링컨 연구소와 같은 군 및 정부 기관에서 경력을 쌓았음
 - **(혁신적인 연구 및 개발)** PM들은 전자전, 인공 지능, 해양 전쟁, 우주 기술 등에서 혁신적인 연구와 개발을 주도하고 있음
 - **(포괄적인 교육 배경)** PM들은 전기 공학, 컴퓨터 공학, 기계 공학 등 다양한 학문 분야에서 학사, 석사, 박사 학위를 보유하고 있음
- 전술기술실(TTO)에 21명의 PM이 있는 것으로 조사되었으며 하이퍼소닉 기술, 우주 기술, 자율 시스템, 전자전, 항공우주 공학, 해상 및 수중 시스템 등의 분야에 전문성을 가지고 있음
 - **(이전 경력)** 이들은 NASA, 미국 공군 및 해군 연구소, 대학, 그리고 주요 방산 기업에서 중요한 역할을 수행한 바 있으며, 이러한 다양한 경력 배경은 그들이 다양한 관점에서 기술 문제를 접근하고, 폭넓은 기술적 지식을 DARPA 프로젝트에 적용할 수 있음을 나타냄
 - **(교육적 배경)** 이들 PM 대부분은 공학, 물리학, 컴퓨터 과학 등의 분야에서 학사, 석사 및 박사 학위를 소지하고 있으며 이는 그들이 기술적 전문성을 갖춘 고도로 교육받은 전문가라는 것을 보여줌
 - **(연구 관심사)** 그들의 연구 관심사는 혁신적인 항공우주 기술, 하이퍼소닉 비행, 자율 및 무인 시스템, 우주 탐사 및 운영, 전자전 및 신호 처리에 집중되어 있음
 - **(산업계와 정부/군의 균형)** TTO의 PM들은 산업계와 정부/군 부문에서 고르게 분포되어 있으며, 이는 DARPA가 기술 혁신을 위해 산업계와 정부의 협력을 중시한다는 것을 보여줌

<표 3-13> DARPA STO의 PM 현황 및 특징

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Mr. Steven Chambers	• 관심 분야: 우주선 이동성, 시스템 및 군대 기동, 로봇 팀원 개발 • 이전 경력: AeroVironment Inc.의 부사장 및 기술 펠로우 • 교육: 항공우주 공학 학사 및 석사
Dr. Nicholas Chang	• 관심 분야: 고급 무선 및 다기능 시스템, 신호 처리, AI • 이전 경력: Peraton Labs의 무선 네트워크 및 시스템 부서장 • 교육: 전기 공학 학사, 석사, 수학 석사, 전기 공학 박사
Dr. Reginald Cooper	• 관심 분야: RF 센서 및 시스템, 전자전 시스템 • 이전 경력: 미 공군 연구소 센서 지휘부의 선임 연구 전자 엔지니어 • 교육: 전기 공학 학사, 전기 및 컴퓨터 공학 석사 및 박사
Mr. Jonathan Doyle	• 관심 분야: 경제학 및 금융 시장 역학이 국가안보에 미치는 영향 • 이전 경력: 기계 학습을 활용한 여러 회사 창립 • 교육: 기술 상업화 석사, 경영학 학사
Dr. Matthew Higgins	• 관심 분야: 전자전 응용, 분산 감지 및 효과 • 이전 경력: 미 육군 연구소의 FREEDOM 프로그램 매니저 • 교육: 전기 공학 박사, 석사 및 학사
Dr. Timothy Klausutis	• 관심 분야: 네트워크 협업 자율 시스템 및 무기 • 이전 경력: 공군 연구소 탄약 지휘부에서 기술 리더 • 교육: 전기 및 컴퓨터 공학 석사 및 박사, 전기 공학 학사
Mr. Aaron Kofford	• 관심 분야: 수중 PNT, 전자전 기법, SWaP 센서 시스템 • 이전 경력: Raytheon BBN Technologies에서 과학자 및 PM • 교육: 콜로라도 광업대학교 학사 및 석사
Dr. Greg Kuperman	• 관심 분야: 증식된 우주, 보안 시스템, 분산 엣지 컴퓨팅 • 이전 경력: 공군 급속 대응 사무소에서 수석 아키텍트 • 교육: 컴퓨터 및 통신 공학 학사, 전기 공학 석사, 항공우주학 박사
Dr. Hunter Martin	• 관심 분야: 재료 과학 및 제조 기술 응용 • 이전 경력: HRL 연구소에서 연구 개발 매니저 • 교육: 재료 과학 및 공학 학사 및 박사
Lt Col John McShane	• 관심 분야: 생존성, 센서, 목표 지정, 비행 시험 • 이전 경력: 미 공군 716시험대대 대대장 • 교육: 전기 공학 학사, 전기 공학 석사, 비행 시험 공학 석사
Maj Michael Nayak	• 관심 분야: 우주영역 인식, 우주통제, 밝고 컴팩트한 X선 이미징 소스 • 이전 경력: 우주 왕복선 엔지니어, 실험 우주선 비행 지휘관 • 교육: 행성 과학 박사, 지구 과학, 항공우주 공학, 비행시험공학 석사
Dr. Frank Robey	• 관심 분야: 센서 시스템 및 신호 처리 기술 발전 • 이전 경력: MIT 링컨 연구소의 부소장 • 교육: 전기 공학 박사, 석사 및 학사
Dr. Kevin Rudd	• 관심 분야: 정보전, 전자전, RF 센싱, 기계 학습, AI • 이전 경력: 해군 연구소의 핵심 과학자 • 교육: 응용 과학 박사, 물리학 및 컴퓨터 과학 학사
Dr. Mary R. Schurgot	• 관심 분야: 안전하고 효율적인 데이터 공유, 자동 의사결정 도구 • 이전 경력: CACI의 기술 감독 • 교육: 전기 공학 학사, 석사, 박사
Dr. Katherine Woolfe	• 관심 분야: 해양 자율성, 해양 전쟁, 분산 및 원격 감지 • 이전 경력: Leidos의 선임 연구 과학자 및 기술 펠로우 • 교육: 기계 공학 석사 및 박사, 기계 공학 학사

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

<표 3-14> DARPA TTO의 PM 현황 및 특징

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Dr. Gregory Avicola	• 관심 분야: 원격 감지, 해양 시스템, 해군 전쟁 • 이전 경력: The Johns Hopkins University Applied Physics 연구소의 전문가 • 교육: 물리해양과학 및 공학 박사, 물리학 학사
Dr. Andrew Baker	• 관심 분야: VTOL에서 초음속 영역까지의 복잡한 항공 및 무기 시스템 • 이전 경력: DARPA 및 Apache Helicopter Projects Office의 선임 기술 리더 • 교육: 항공우주공학 학사, 항공우주공학 석사 및 박사
Dr. Ray Bemish	• 관심 분야: 다중스케 모델링, ML 및 AI가 적용된 우주 도메인 시스템 • 이전 경력: Air Force Research Labs의 연구 그룹 리더 • 교육: 생물학 및 생화학 학사, 물리화학 석사 및 박사
Mr. Salvatore Buccellato	• 관심 분야: 구조 및 재료, 대규모 제조, 고속 비행 테스트 • 이전 경력: NASA의 고온 내구 재료 분야 PM • 교육: Old Dominion University에서 기계공학 학사
Col. John Casey	• 관심 분야: 차세대 항공기 개념, 비행 테스트, 생존성, 치명성 • 이전 경력: Dwight D. Eisenhower School • 육: 항공공학 학사, 항공공학 석사, 비행 테스트 공학 석사
Dr. Tabitha Dodson	• 관심 분야: 첨단 우주 페이로드, 전기 추진, 핵 열 및 전기 추진 • 이전 경력: Gryphon-Schafer Government Services, LLC의 Systems Engineering and Technical Assistance (SETA) 계약자 • 교육: 응용물리학 박사, 기계 및 항공우주공학 박사 및 우주정책 석사
Dr. Peter Erbland	• 관심 분야: 고속시스템 및 기술, 유체역학, 레이저 기반 광학진단 기술 • 이전 경력: Air Force Research Laboratory의 선임 기술 고문 • 교육: 항공우주공학 학사 및 석사, 기계 및 항공우주공학 석사 및 박사
Mr. Stephen Forbes	• 관심 분야: 작은 위성, RF 대체 항법 시스템, 관성 항법 센서 • 이전 경력: Space Vehicles Directorate, U.S. Air Force Research Laboratory의 비행 실험 부서 연구 항공우주공학자 • 육: 공학 학사 및 석사
Mr. Dion Fralick	• 관심 분야: 항공기생존기술, 전자기 측정 및 감지 기능, 계산도구 개발 • 이전 경력: NASA의 Langley Research Center에서 기술 개발 리더 • 교육: 전기공학 석사 및 학사, 전자 및 컴퓨터공학 학사
Lt. Col. Ryan Hefron	• 관심 분야: 첨단 자율성, 응용 및 이론적 AI, 인간-기계 팀 구성 • 이전 경력: USAF Test Pilot School의 교육과정 표준 책임자, AFRL의 자율 공중전투 작전 프로그램의 부 프로그램 매니저 및 기술 고문 • 교육: 컴퓨터 과학 석사, 비행 테스트 공학 석사, 컴퓨터 과학 박사
Dr. Christopher Kent	• 관심 분야: 첨단 해양 기술의 기술 개발 및 시연 • 이전 경력: 해군 참모장 및 연구개발 테스트 및 평가 부서의 부 참모장 • 교육: 해양공학 박사 및 공학 석사, 공학물리학 학사

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

<표 3-15> DARPA TTO의 PM 현황 및 특징(계속)

이름	세부 경력사항(전문 분야, 이전 경력, 학위정보)
Mr. Steve Komadina	- 관심 분야: 초음속 시스템, 자율/무인 공중 시스템, 공중 무기 - 이전 경력: Raytheon Missile Systems의 엔지니어링 펠로우, Northrop Grumman에서 37년 경력 - 교육: Arizona State University에서 공학 학사
Mr. Hamish Malin:	- 관심 분야: 정밀유도 탄약, 무기센서 및 추적기 기술, GPS 거부 항법 - 이전 경력: Naval Surface Warfare Center, Dahlgren Division의 Advanced Hypersonic Weapons & Guided Munitions (E20) Division의 수석 엔지니어 - 교육: 전기공학 학사, 전기공학 석사
Dr. Sarah Popkin	- 관심 분야: 초음속 공기역학, 궤적생성, 하이브리드 로켓, 능동유동 제어 - 이전 경력: Air Force Office에서 고속 공기역학 포트폴리오 관리 - 교육: 항공우주공학 박사, 석사, 학사
Dr. Lael Rudd	- 관심 분야: 우주 및 공중 영역을 위한 첨단 자율 시스템 - 이전 경력: BAE Systems' FAST Labs의 수석 과학자 - 교육: 항공우주공학 박사, 생체의학공학 석사, 항공우주공학 석사 및 학사
Ms. Ana Saplan	- 관심 분야: 우주 하드웨어 개발, 로봇 시스템, 궤도 위성 서비스 - 이전 경력: 민간 부문에서 DARPA 및 국방부를 지원하는 기술 고문 - 교육: 항공우주공학 학사
Dr. Richard Singer	- 관심 분야: 우주선의 열 제어, 첨단 재료, 우주영역 인식, 첨단궤도 작업 - 이전 경력: National Reconnaissance Office의 Advanced Systems and Technology Directorate에서 고급 재료 전문가 - 교육: 전자재료공학 박사, 물리학 학사
Mr. Kevin Sloan	- 관심 분야: 무인/무인 차량, 모듈식/오픈 아키텍처 로봇, 인간-기계 상호작용 및 팀 구성 - 이전 경력: 미 해군 연구개발 지원 활동의 부 기술 디렉터 - 교육: 기계공학 및 전기공학 학사, 시스템공학 석사
Dr. Richard Wlezien	- 관심 분야: 고급 기술이 적용된 항공기 및 비행 기술 전환 가속 - 이전 경력: Missouri 대학교 공학 및 컴퓨팅 학부 학장 - 교육: 기계 및 항공우주공학 학사, 석사, 박사
Dr. Kyle Woerner	- 관심 분야: 무인 시스템, 공격 및 방어용 무리, 해저 영향, 다중 도메인 팀 구성, 인간-기계 상호작용 - 이전 경력: Pearl Harbor Naval Shipyard의 프로젝트 매니저 - 교육: 시스템공학 학사, 기계공학 석사, 해양공학 및 기계공학 박사
Dr. Stuart H. Young	- 관심 분야: 자율/무인 지상 및 공중 차량, 무인 시스템을 위한 지능적 행동 - 이전 경력: Army Research Laboratory에서 프로그램 매니저 - 교육: 기계공학 학사, 기계공학 석사, 시스템공학 박사

출처 : DARPA 홈페이지(2023, <http://darpa.mil/about-us/offices>)를 참조하여 재작성

- DARPA의 각 부서별 PM의 특징을 분석한 결과, DARPA PM들은 다양한 학문적 배경을 가지고 있으며, 연구 및 기술 개발에 대한 깊은 이해와 열정을 가지고 있음
- (학제 간 연구와 다양한 전문 분야) PM들은 다양한 학문적 배경을 가지고 있고 전문 분야는 광범위하게 분포되어 있으며, 이는 DARPA의 학제 간 연구 접근 방식과 다양한 기술 분야에 대한 관심을 반영함
- (상위 교육 기관에서의 고등 교육 성취) 대부분의 PM들은 세계적인 교육 및 연구 기관에서 고등 교육을 이수하였으며, 여러 학위를 보유하고 있는데, 이는 그들의 학문적 우수성과 연구에 대한 강한 헌신을 보여줌
- (풍부한 연구 경험과 수상 경력) 모든 부서의 PM들은 강력한 연구 배경을 가지고 있으며, 다양한 주제에 대한 깊은 연구를 수행하고 있으며 여러 PM들은 자신의 분야에서 중요한 공로를 인정받아 여러 상을 수상하였음
- (리더십과 혁신 경험) 많은 PM들이 DARPA에 합류하기 전 국가 기관, 대학, 연구소 등에서 리더십 포지션을 맡았으며, 그들은 팀을 이끌고 프로젝트를 관리하며 자신들의 분야에서 중요한 발전에 기여했음
- (정부 및 군사 기관에서의 경험) 여러 PM들은 미국 국방부, 해군, 공군, NASA 등과 같은 정부 및 군사 기관에서 근무한 경험이 있으며, 이는 국방 및 보안 분야의 요구사항과 도전에 대한 이해를 보여줌
- (멘토링 및 교육에 대한 헌신) 많은 PM들이 교수, 자문가, 멘토로 활동한 경험이 있으며, 이는 과학자 및 연구자의 다음 세대를 육성하는 데 대한 그들의 헌신을 보여줌

3) DARPA PM의 자격과 책임

- (PM 자격) 현재 DARPA의 PM들의 경력 및 이력 분석 결과, PM 선발시 중요하게 생각하는 요인은 다음과 같이 요약됨
- (학제 간 연구 및 전문성) DARPA는 다양한 학문적 배경을 가진 인재를 선호하며, PM 후보자는 자신의 분야에서 깊이 있는 전문지식을 보유해야 함
 - 특히, PM은 복잡한 문제를 해결하는 데 필요한 창의적인 접근 방식과 혁신적인 해결책을 제공해야하기 때문에 여러 분야에 걸친 지식과 경험이 중요함
 - 고도의 전문지식을 바탕으로 해당 분야의 최신 연구 동향을 이해하고, 혁신적인 아이디어를 제안하고 실행할 수 있는 능력을 보유해야함을 의미함

- **(상위 교육 기관에서의 고등 교육 이수)** 대부분의 PM들은 세계적인 교육 기관에서 고등 교육을 이수했으며, DARPA가 학문적 우수성과 연구에 대한 강한 헌신을 가진 후보자를 선호함을 나타냄
 - 대부분의 PM 후보자는 박사 학위나 그에 상응하는 연구 경험을 보유하고 있으며, 이를 통해 학문적 우수성과 독립적인 연구 능력을 증명하고 있음
- **(실질적인 연구 및 현장 경험)** PM 후보자는 해당 분야에서 실질적인 연구 및 개발 경험을 보유해야 하며, 이는 피어 리뷰된 논문 발표, 특허 출원 등을 통해 강력한 연구 역량이 입증되어야 함
- **(리더십 및 프로젝트 관리 능력)** DARPA는 리더십과 혁신 능력을 중요하게 여기는 것으로 분석되었으며 이전에 중요한 프로젝트를 성공적으로 이끌었거나, 해당 분야에서 중요한 발전에 기여한 경험이 있는 후보자가 선호됨
 - 후보자는 이전에 중요한 연구 프로젝트나 기술 개발 프로젝트를 성공적으로 이끈 경험이 있어야 하고 이는 팀을 관리하고, 예산을 운용하며, 복잡한 프로젝트의 목표를 달성할 수 있는 능력을 포함함
- **(정부 기관 경험)** DARPA는 군사 및 정부 기관에서의 경험이 있는 후보자가 자신들의 요구 사항과 도전 과제에 대한 깊은 이해를 가지고 있을 것으로 기대하고 선호함
- **(멘토링 및 교육에 대한 헌신)** PM은 후속 세대의 과학자 및 엔지니어를 양성하는 데 중요한 역할을 하기 때문에, 후보자는 멘토링과 교육에 대한 헌신을 보여야 함
- **(혁신적인 사고)** DARPA는 혁신적인 연구 및 개발에 열정을 가진 인재를 찾고 있으며, 후보자는 자신의 분야에서 최신 연구 및 기술 개발에 기여할 수 있는 능력을 보여야 함
- **(커뮤니케이션 및 협력 능력)** 후보자는 다양한 이해 관계자와 효과적으로 소통하고 협력할 수 있는 능력을 가져야 하며 이는 학계, 산업계, 정부 부문과의 협력을 포함함
- **(PM 책임과 권한)** DARPA PM은 프로그램 기획 주관, 진도 점검 및 Go/No-Go 리뷰 등을 총괄하는 역할을 하며 성과 평가, 자금 조달 및 계약 등에 관한 폭넓은 책임과 권한을 보장 받음
- **(프로그램 기획 및 관리)** PM은 프로그램의 전반적인 목표 설정, 예산 관리, 일정 계획 및 자원 배분 등을 포함하여 새로운 프로그램을 개발하

고, 기존 프로그램을 관리하는 책임이 있음

- PM은 아이디어 발굴 및 프로그램 기획을 주도하고 평가팀(Review Team) 구성 및 선정에 대한 권한이 있음
 - PM이 평가자(리뷰어)의 평가 결과에 동의할 수 없다면, 수정 요구를 위한 협의를 거치도록 하고 있으며 연구팀 선정에 대한 최종 권한이 있음
 - 또한, Go/No-Go Review를 총괄하고 다음 단계 지원여부 판단하는 권한이 있음 (최종 승인은 국장이 진행함)
- **(기술 혁신 및 연구 지향)** PM은 새로운 아이디어를 제안하고, 기술적인 도전 과제를 해결하기 위한 창의적인 접근법을 개발함으로써 첨단 기술과 혁신적인 연구 프로젝트를 주도해야 함
- **(자금 조달 및 계약 관리)** PM은 연구 및 개발 프로젝트를 위한 자금 조달을 관리하고, 계약을 체결하며, 연구기관이나 기업과의 협력을 조율함
- **(기술 평가 및 선택)** PM은 제안된 프로젝트나 기술에 대해 평가하고 선택하는 역할을 하며, 이는 기술적 실현 가능성, 잠재적인 영향력, 전략적 중요성 등을 고려한 결정을 내리는 것을 포함함
- **(진행 상황 모니터링)** PM은 프로젝트의 진행 상황을 지속적으로 모니터링하고, 필요한 경우 조정하며 이는 진행 상황 보고, 목표 달성 여부 평가, 문제 해결 등을 포함함
- **(협력 및 커뮤니케이션)** PM은 학계, 산업계, 정부 기관 및 군과의 협력 관계를 구축하고 유지하는 책임이 있으며, 이는 프로젝트의 성공적인 수행과 기술 이전을 위한 중요한 요소임
- **(결과물 및 성과 평가)** PM은 프로그램의 결과물을 평가하고, 성과를 분석하여 DARPA의 목표와 전략적 방향에 부합하는지 확인해야 함
- **(전략적 방향 설정)** PM은 자신이 관리하는 프로그램의 전략적 방향을 설정하고, DARPA의 장기적인 목표와 연계하여 프로그램을 운영해야 함

4) PM의 선발과 교육

- (DARPA) 매우 엄격하고 철저한 과정을 거쳐 자신의 분야에서 혁신적인 아이디어와 획기적인 기술을 개발할 수 있는 뛰어난 상상력과 입증된 전문성을 갖춘 인재를 PM으로 선정하는 것으로 알려져 있음¹⁶⁾
- (선정 기준) PM은 혁신적이고 위험도가 높은 개념 및 아이디어에 대한 심층 연구와 기회를 포착할 수 있는 능력이 있어야 함
- 특히, ①전문성 및 경험, ②기술적 전문성, ③비전적 사고, ④리더십 및 팀워크 능력, ⑤커뮤니케이션 기술, 기업가 정신, 재정적 책임 등이 요구됨¹⁷⁾(그림 3-11)
 - DARPA PM은 기술에 대한 초기 비전과 그 비전을 다양한 그룹에 전달할 수 있는 능력을 기준으로 채용됨
 - 일반적으로 학술 연구소, 정부 R&D, 또는 기업 부문에서 숙련된 전문가로서 활동한 경험이 있어야 하며 심도 있는 기술 지식과 전문 네트워크를 보유하고 있어야 함
 - R&D 커뮤니티 및 이해관계자들과 협력하여 프로그램 포트폴리오를 관리할 수 있는 능력이 필요함
- (인재 발굴) DARPA는 최첨단 기술 분야에서 고도의 전문성을 갖춘 인재를 찾기 위하여 대부분 운영진이 직접 인재를 발굴하고 선정하며, 이 과정에서 대학, 기업, 연구기관 등의 인적 네트워크를 활용(채용 단계에서의 일반적인 활동으로 캠퍼스 방문과 네트워킹)
- (서류심사/면접) 선발된 후보자는 면접을 통해 자신의 전문성, 리더십, 혁신적인 아이디어, 프로그램 기획 및 실행 능력 등을 입증해야 함
 - 서류 심사 이후의 개별 면접은 각 부서장과 DARPA 오피스 부문별 소장(Office Director) 등 경영진에 의해 진행됨
 - 특히, 후보자의 창의성과 프로그램 기획 능력을 평가하기 위해 후보자는 신규 R&D 프로그램 개념에 대한 예비 제안서를 제출해야 함

16) 일반적으로 DARPA 채용 프로세스는 특정 평가 시험, 인터뷰 형식 또는 인성 평가 등의 프로파일링에 의존하지 않으며, 역사적으로 DARPA PM 후보자 평가는 상시적으로 이루어져 왔으며 내부 추천을 사용하는 경우가 많고 기관 웹사이트에서도 표준 경력 정보나 구체적인 채용 페이지 링크를 제공하지 않고 있으며, 대신 잠재적 채용자가 이미 관련 R&D 커뮤니티에 속해있을 것으로 예상하고 있음(Carleton, 2010)

17) DARPA 사무국장/PM/국장 인터뷰: “우리는 좋은 아이디어를 가진 사람을 찾습니다.”, “이상적인 후보자는 자신이 하고 싶은 일과 그 이유를 명확하게 설명할 수 있는 사람”, “과거의 인맥에 상당히 의존하고 있습니다.”, “모든 PM은 입사하기 전에 DARPA PM과 어느 정도 연관이 있습니다.”, “DARPA는 항상 이전에 상호작용한적이 있는 사람들을 찾고 있습니다.”

- 이는 하일마이어 질문(Heilmeier Questions)에 따라 구성되어야 하며 자신의 프로그램으로 달성하고자 하는 목표를 구체적으로 전달하여야 함
- 지원서는 1)지원자의 동기와 자격을 입증하는 커버 레터, 2)전문적 배경과 경험이 상세히 기술된 이력서, 3)하일마이어 교리문답을 사용하여 제안된 프로그램의 목적, 접근 방식, 예상되는 도전 과제, 이 프로그램이 DARPA의 미션과 어떻게 부합하는지를 명확히 설명하는 예비제안서의 3가지를 제출해야 함
- (동료평가와 추천) 기존의 PM이나 전직 PM, 부서장 등 이해관계자의 입소문과 소개 및 추천을 통해 후보자의 전문성과 역량을 평가하고 추천하는 경우도 있음
- (최종 승인) 면접과 평가 과정을 거친 후, 소장(Director)의 최종 승인을 받아야만 PM으로 임명되고 실제 발령까지는 면접 후 약 3개월 정도 소요될 수 있음(평균 PM 채용 기간은 3~4 년까지 다양함)
- 프로그램 관리자의 직책은 새로운 사고와 관점의 유입을 위해 임기가 제한되며, DARPA는 미국 국방부의 일부이므로 미국 시민권을 소지해야 하고 선발된 후보자는 철저한 신원 조사를 거치게 됨

Employment at DARPA - Recruitment Information

DARPA Program Managers

DARPA Program Managers are entrusted with unparalleled freedom to design new technical initiatives with relevance to the needs of our warfighters, and serve as thought leaders among world-class researchers from academia, industry, and government. A successful Program Manager utilizes their exceptional imagination and proven expertise to create revolutionary ideas and breakthrough technologies.

Qualified individuals typically join as experienced professionals from academic labs, government R&D, or the corporate sector ready to immediately leverage their deep technical knowledge and professional networks to drive the creation of new programs. They work with R&D communities and stakeholders to establish the rigorous and aggressive program goals (including detailed technical milestones and other program activities) needed to manage a portfolio of sophisticated R&D projects.

How to Apply

Highly-qualified candidates should submit:

1. Cover letter
2. Resume
3. Preliminary proposal of a new DARPA program concept

Please use the Heilmeier Questions, also known as the [Heilmeier Catechism](#), to structure your submission. These questions provide future DARPA Program Managers with high-level guidance on what information should be included in their proposals, and equip prospective Program Managers to communicate what they hope to accomplish with their program. Potential candidates should be familiar with DARPA's current research thrusts across its technical offices to understand where your expertise may align with the Agency. DARPA will contact candidates of interest for an initial interview.

Program Manager applicants should provide packages via the [submissions page](#). Submissions containing classified information will not be considered.

Program Manager positions are term-limited to ensure a constant infusion of fresh thinking and new perspectives.

As DARPA is part of the U.S. Department of Defense, U.S. citizenship is required for employment. Selected candidates for all positions will be required to undergo a thorough background investigation.

<그림 3-11> DARPA PM 선발 공고문

- DARPA의 PM 교육은 주로 전통적인 교육 프로그램이 아닌 실제 작업 환경에서의 학습과 동료들과의 상호작용을 통한 지식과 경험의 전달에 중점을 둠¹⁸⁾
- (비공식적 학습 환경) DARPA의 PM 교육은 주로 비공식적인 상호작용과 네트워킹을 통해 이루어지며, 특히 신입 PM들은 경험 많은 동료들과의 대화와 상호작용을 통해 학습하는 것으로 알려져 있음
- (멘토링 및 경험 공유) 신입 PM들은 종종 경험 많은 동료들로부터 멘토링을 받는데, 이러한 멘토링은 공식적인 교육 프로그램이 아니라 경험과 지식의 전달을 통해 이루어짐
- (시행착오 및 자기 주도 학습) PM들은 실제 업무를 통해 프로그램 관리의 기술을 배우게 되는데, 이는 시행착오를 통한 학습 과정을 포함하며, 개인의 자기 주도성이 중요한 역할을 함
- (비공식적인 대화 및 네트워킹) 비공식적인 대화와 네트워킹은 PM들이 아이디어를 발전시키고 서로의 경험을 공유하는 중요한 방법이며, 이러한 상호작용은 프로그램 관리 방법에 대한 깊은 이해를 제공함
- (실제 작업 환경의 학습) PM들은 실제 프로젝트 관리를 통해 학습하며, 이 과정에서 PM들은 다양한 프로젝트와 상황에 대응하며 필요한 기술과 지식을 습득하게 됨
- (조직 문화의 흡수) PM들은 DARPA의 조직 문화를 흡수하고 새로운 프로그램을 시작하는 방법을 자연스럽게 이해하게 됨

18) 한편, 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

5) PM의 성과 평가

- DARPA PM의 성과 평가(Performance Review)는 전략적 목표 달성 여부를 평가하고 PM의 강·약점 평가, 목표 설정 및 조정, 개선을 위한 실행 계획을 개발할 수 있는 기회로 활용함
- (평가 프로세스) DARPA 부문별 소장(Office Director)은 PM과 연구팀이 프로젝트 기간 동안 어떻게 돌파형 연구를 수행했는지 평가하기 위해 분기별, 연도별 성과 평가를 실시함¹⁹⁾(그림 3-12)
 - (성과 지표 및 목표 설정) 업무 시작 시, PM과 부문별 소장 및 고위급 관계자는 프로젝트의 사명 및 목표와 일치하는 성과 지표와 목표를 정의하고 설정하며 이에 따라 성과평가를 실시할 것에 대해 사전에 상호 확인함
 - (수시 피드백) PM은 상사 및 동료로부터 지속적인 피드백을 받으며, 정기적인 회의와 토론을 통해 진행 상황을 평가하고 문제를 해결하고 리스크를 관리
 - (성과 보고서 제출) PM은 프로젝트 마일스톤, 예산 관리, 성공적인 결과 등 자신의 성과에 대한 기록을 유지해야 하며 이 문서는 성과 평가시 증거로 사용됨
 - (중간 평가) 목표 달성을 향한 진행 상황에 대한 피드백을 제공하기 위해 중간 검토를 실시하고, 필요한 경우 계획 조정 및 진행 방향의 수정
 - (자체 평가) PM은 성과, 직면한 과제, 개선이 필요한 부분을 반영하여 자체 평가 보고서를 작성하며, 이러한 자가 평가(Self-evaluation)는 성과 검토 시 귀중한 인사이트(insight)를 제공할 수 있음
 - (동료 및 팀 피드백 수집) 동료, 팀원 등은 PM의 리더십, 커뮤니케이션, 팀워크 및 기타 관련 기술 및 속성에 대한 피드백을 부문별 소장(OD)에게 제공
 - (성과평가 검토 회의) DARPA PM의 상급자 주관으로 설정된 지표 및 목표에 따라 성과를 평가하고 이러한 평가 및 피드백 결과, 평가 등급에 대해 PM과 부문별 소장이 논의하게 되는데, 이는 PM이 자신의 성과에 대한 피드백에 응답하고 자신의 성과에 대한 합리적인 설명을 제공할 수 있는 기회임
 - (성과 등급 확정) PM은 성과와 기여도에 따라 성과 등급을 부여 받는데, 일반적으로 "기대 이상"에서 "기대 충족" 및 "개선 필요" 등으로 다양하며 PM의 성과가 기대치에 미치지 못하는 경우('개선 필요' 등급을 받은 경우), PM은 구체적인 개선 조치와 일정을 설명하기 위해 성과 개선 계획(PIP)을 개발
 - (차년도 목표 설정) 성과 검토 후에는 다음 기간에 대한 새로운 성과 목표와 지표를 설정하며, 이를 통해 계속해서 목표 및 우선순위를 조정하고 발전

19) DARPA PM의 평가표(Performance Review Template)는 외부에 공개되지 않으므로 미국의 연구기관 Manager 평가 template을 참고로 하여 작성함

- **(평가 지표)** PM의 성과는 프로젝트 마일스톤 달성, 혁신적 아이디어 및 기술 개발, 리더십과 커뮤니케이션, 이해관계자 만족도 등으로 평가됨
- **(프로젝트 실행)** PM은 프로젝트의 예산, 일정 및 리소스를 효과적으로 관리했음을 입증해야 하며, 평가 지표는 계획에 따른 진행(마일스톤), 위험 식별 및 완화, 프로젝트 팀 및 이해관계자와의 효과적인 커뮤니케이션 등이 포함됨
 - **(기술적 진전)** PM은 프로젝트가 목표를 향해 상당한 기술적 진전을 이루었음을 구체적으로 보여야 하며, 이는 마일스톤 달성 또는 초과 달성, 동료 심사 저널에 논문 게재, 특허 출원, 컨퍼런스에서 프레젠테이션 등이 포함됨
 - **(기술적 리더십)** PM은 프로젝트를 이끌 수 있는 기술적 전문성을 갖추고 있으며 팀원들을 멘토링하고 개발할 수 있어야 하며, 프로젝트의 목표를 깊이 이해하고, 올바른 기술적 결정을 내릴 수 있으며, 복잡한 기술 개념을 다양한 이해관계자에게 전달할 수 있는 능력이 중요함
 - **(혁신성)** PM은 창의적으로 사고하고 프로젝트의 과제에 대한 혁신적인 해결책을 제시할 수 있으며 새로운 아이디어에 개방적이고, 기꺼이 위험을 감수하며, 필요에 따라 프로젝트의 방향을 전환할 수 있는 능력을 가져야 함
 - **(연구현장 영향력)** PM은 프로젝트가 현실적으로 긍정적인 영향을 미치고 있음을 이해관계자 등에게 입증해야 하며, 업무 수행 방식을 혁신할 수 있는 새로운 기술을 개발하거나 오랫동안 해결하기 어려운 것으로 여겨졌던 문제를 해결하는 것이 중요함
 - **(타기관과 협업)** PM은 다른 DARPA 프로그램 관리자, 정부 기관, 업계 파트너 및 학계와 효과적으로 협업할 수 있으며 생산적 관계를 구축하고, 정보를 공유하고, 갈등을 해결할 수 있는 능력이 필요함
 - **(커뮤니케이션)** PM은 DARPA 동료 PM, 정부 관계자, 업계 파트너, 대중 등 다양한 청중과 효과적으로 소통할 수 있으며 명확하고 간결한 보고서를 작성하고, 효과적인 프레젠테이션을 하고, 어려운 질문에 지혜롭고 설득력 있게 답변할 수 있어야 함
 - **(전문성)** PM은 높은 수준의 전문성을 보여야 하며 윤리적이고 정직하며 신뢰할 수 있는 태도가 요구되며, 다른 사람을 존중하고 압박감 속에서도 슬기롭게 일할 수 있어야 함
 - **(개인 및 팀워크 능력)** DARPA PM은 독립적으로 또는 팀의 일원으로 일할 수 있는 능력, 위험 관리 능력, 변화에 적응할 수 있는 능력에 대해서 평가받음

<표 3-16> DARPA PM의 성과 평가 지표

평가 기준	평가지표	비고
프로젝트 실행	- 예산, 일정 및 리소스의 효과적 관리 - 프로젝트 계획에 따른 진행 - 위험 식별 및 완화 - 프로젝트 팀 및 이해관계자와의 효과적인 커뮤니케이션	
기술적 진전	- 마일스톤 달성 또는 초과 달성(주임무) - 동료 심사 저널에 논문 게재(DARPA 활동 홍보) - 특허 출원 - 컨퍼런스에서의 프레젠테이션(DARPA 활동 홍보)	
기술적 리더십	- 프로젝트의 목표에 대한 깊은 이해 - 올바른 기술적 결정 능력 - 복잡한 기술 개념의 전달 능력 - 팀원 멘토링 및 개발	
혁신성	- 창의적 사고 - 혁신적 해결책 제시 - 새로운 아이디어에 대한 개방성 - 필요에 따른 프로젝트 방향 전환 능력	
연구현장 영향력	- 프로젝트의 긍정적 영향 입증 - 새로운 기술 개발 유도 - 오랫동안 해결하기 어려운 문제를 와해성 해결	
타 기관 협업	- 다른 기관 또는 타국가 등과 효과적 협업 - 생산적 관계 구축 - 정보 공유 - 갈등 해결 능력	
커뮤니케이션	- 다양한 청중과의 효과적 소통 - 명확하고 간결한 보고서 작성 - 효과적인 프레젠테이션 - 어려운 질문에 대한 지혜롭고 설득력 있는 답변	
전문성	- 높은 수준의 전문성 - 윤리적, 정직하고 신뢰할 수 있는 태도 - 다른 사람 존중 - 압박감 속에서의 즐거운 일 처리	
개인 및 팀웍 능력	- 독립적 또는 팀의 일원으로 일할 수 있는 능력 - 위험 관리 능력 - 변화에 적응하고 돌파하는 능력	

Template: Performance Evaluation Form - PM

Note: This performance evaluation can be adapted for the position of PM

Please note: If no performance objectives have been set for the first performance evaluation, skip Section 1 and proceed with the next sections.

Date of the evaluation:
Name of the PM:
Name of the evaluators:
Period covered by this evaluation:

SECTION 1: KEY OBJECTIVES AND PERFORMANCE EVALUATION

Key objectives of the PM's job description:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

Key objectives defined and agreed to by the PM and Office Director for this evaluation period	
Key objectives	Performance indicators
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

SECTION 2: PERFORMANCE EVALUATION — COMMENTS

Provide comments on the performance of the PM with regard to the following (insert comments in bullet form):

Remember:

- ▶ Keep in mind the PM's performance objectives agreed to for this period;
- ▶ Focus on performance and not personality;
- ▶ List achievements and difficulties/weaknesses;
- ▶ Include examples where possible.

Skills	To consider when assessing
Direction	
Leadership Comments:	The PM: ▶ Participates in the creation and the promotion of the mission, vision and values; • Initiates and follows through with change; • Is visible, approachable and earns respect; • Inspires and motivates others; • Builds a high performance team, which includes research staff; ▶ Demonstrates the high standards of integrity, honesty and fairness expected; ▶ Carries forward decisions of the governing body.
Strategic thinking and planning Comments:	▶ Identifies strategic aims and anticipates future demands, opportunities and constraints; ▶ Demonstrates knowledge and sensitivity of stakeholders' needs, within and outside the agency; ▶ Translates strategic aims into practical and achievable plans; ▶ Makes decisions in a timely manner, even in uncertain circumstances.
Delivery of results	▶ Defines results, taking into account the needs of the stakeholders, within and outside the

Comments:	• Is aware of personal strengths and weaknesses and their impact on others; • Pursues adopted strategies with energy and commitment; • Adapts quickly and is flexible to new demands and changes; • Manages own time well to meet competing priorities; • Offers objective advice to the office director without fear or favor.
Expertise Comments:	• Has in-depth knowledge and experience related to the work of the agency; • Knows when and how to find and use sources of expertise, within and outside the agency; • Understands the environment within which the agency evolves, including parliamentary and political processes; • Applies best practices from other sectors and organizations; • Understands how policy impacts on operations, staff, volunteers and others who may be involved with the association.
Intellect and judgement Comments:	• Generates original ideas with practical applications; • Focuses on key issues and principles; • Defends logic of own position but also responds positively to reasoned alternatives; • Encourages creative thinking by others; • Delegates decisions appropriately.

SECTION 3: Way Forward

This section should be developed jointly by the PM and the office director after the above sections have been shared and discussed with the individual.

Remember:

- The key objectives for the next period should be linked to the agency's strategic priorities.
- When completing the development plan, consider activities such as coaching, mentoring by someone within the agency, courses, conferences or further education, etc.

Job description: Does the job description still reflect the current duties and responsibilities of the PM? Does it need updating? If yes, how will this be done (please specify)?

Key Objectives for Next Period				
Key objectives	Timelines	Performance indicators		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

What major difficulties can the PM potentially face in Negotiates, commits and realigns funding x

What other resources are needed to achieve these objectives?

Personal training and development plan				
Training or development needs	Action(s)	Timeline	Responsibility	Estimated budget

PM's Comments

Evaluators' Comments

〈그림 3-12〉 DARPA PM의 성과 평가 템플릿

6) 주요 혁신 연구기관의 PM 특성과 요구사항 비교

- 미국의 DARPA와 ARPA-H, 영국의 ARIA, 독일의 SPRIN-D, 일본의 Moonshot과 같은 연구 기관들의 PM 특성 및 요구사항을 비교 분석하면 다음과 같은 공통점과 차이점을 확인할 수 있음(표 3-17)
- (전문성과 전문가 배경) 모든 기관에서는 과학기술의 전문가 또는 과학자가 PM으로 활동하고 있으며 대부분 박사학위를 소지한 고급 학력과 해당 분야의 심층적인 지식을 요구함
- (혁신과 도전 정신) 모든 기관은 혁신적인 사고와 전략적인 문제 해결 능력을 중요시하고 있으며 이들 기관의 PM은 기존의 관행에서 벗어나 새로운 방식으로 문제에 접근해야 함
- (협력과 리더십) 리더십은 프로젝트의 성공적인 실행을 위해 필수적인 요소로, PM에게는 공통적으로 다양한 분야의 전문가들과 효과적으로 협력하고, 팀을 이끄는 리더십이 요구됨
- (위험 감수 및 실패에 대한 개방성) 실패를 두려워하지 않고 대담한 아이디어를 시도하는 것이 중요하며 실패로부터 학습하고 이를 바탕으로 더 나은 결과를 도출하는 능력이 요구됨
- (연구 주제) DARPA는 국방 관련 기술에 중점을 두고, ARPA-H는 바이오 헬스 분야에 초점을 맞추며, ARIA와 SPRIN-D는 일반 과학기술 혁신에 더 광범위한 관심을 가지고 있음
- (경력 배경) DARPA와 ARPA-H는 주로 연구소와 기업에서 경험이 풍부한 인물을 PM으로 선발하는 반면, Moonshot은 주로 학계 출신을 선호하는 경향이 있음
- (역할과 책임) 각 기관에 따라 PM의 역할과 책임에 차이가 있을 수 있는데, 일부 기관에서는 PM이 연구 개발의 전체 과정을 직접 관리하고 지휘하는 반면, 다른 기관에서는 PM이 보다 전략적인 역할을 수행함

<표 3-17> 주요 혁신 연구기관의 PM 특성과 요구사항 비교

구분	미국, D.C. DARPA	미국, D.C. ARPA-H	영국, 런던 ARIA	독일 Leipzig SPRIN-D	일본, 도쿄Moonshot
조직 규모 (PM, Staff)	109명 PM, 8명 Office Director 120여명 staff	13명 PM, 2명 MOD, 6명 Chief Officer, 20 staff	8명 PD, 6명 Chief Officer	9명 Supervisory board, 경영이사회, 연구단별 2명의 IM	102명 PM, 9명 PD.
프로젝트 시작	1958년	2023년	2022년	2020년	2020년
예산/年	~5.9조원	~3.3조원	~1,700억	~2,000억(평균)	~1,200억(평균)
리더십	Dr. Stefani Tomkins (Geology 전공)	Dr. Renee Wegrzyn (Applied Biology)	Dr. Ilan Gur (Materials Science)	Mr. Rafael Laguna (MBA)	일본 내각부, NEDO, JST, AMED 등
연구 주제	국방(양자, 바이오, AI, 반도체, IoT 등) -150여개 이상 연구단	바이오헬스 & 융합 - 8개 연구단	기후기술, AI, 양자, 소재, 바이오 등 -8개 연구단	나노, 기후기술, 양자, AI, DNA - 13개 (투자 회사 개남)	나노, 바이오헬스, 기후기술 등 - 100여개 연구단
연구 목적	Breakthrough pivot technology	Breakthrough Bio-health Tech. 상용화	과학기술의 뉴 패러다임 실현 실패를 용인하는 도전	Disruptive tech, 상용화	문샷형 도전
PM 출신	국방, 기업, 연구소 경험 (80% 박사)	연구소, 기업 (90% 박사)	연구소, 기업 (80% 박사)	연구소, 기업 (70% 박사)	대부분 교수 출신 (100% 박사학위)
PM 특성, 요구 사항	장애물, 도전, 비판을 뚫고 나아갈 수 있는 추진력, 집중력, 인내심 미지의 영역을 개척하기 위해서는 기술 현황에 대한 전문적인 이해 연구 팀과 협력하여 기술 마일스톤을 설정하고 달성해야 하며, 성공적인 상용화와 영향력을 발휘할 수 있도록 그 과정에서 성공과 실패에 대해 완전히 투명하게 공개 세계 최고 과학기술자, 연구과제를 다루는 민첩성, 결단성(Go, No-Go)	선구적 위험 감수자 빠르게 실패하고 잘 실패하여 배움으로 받아들임 어려운 문제를 해결하기 위해 무한한 상상력과 입증된 전문성을 발휘 공감과 명확성을 바탕으로 협력적 리더십 바이오의학, 컴퓨터 기술, 공학, 의학, 행동과학 등 다양한 분야의 지원자가 지원하여 건강 문제를 획기적으로 개선	PD 채용은 동종 업계에서 가장 개방적인 방식 분야나 자격증에 대한 제약 없이 기술적인 신뢰성, 비전을 실행에 옮기는 능력, 큰 영향력을 발휘할 수 있는 동기부여 업무 분담과 고용 안정을 위해 공동 PD 배치 및 파견 근무도 허용 미국 ARPA-E 프로그램 관리자와 매우 유사	전문가 또는 과학자로서 자신의 연구가 학계를 넘어 정부, 기업, 사회에 큰 영향을 미칠 수 있다는 점에 큰 관심을 가진 자 과학 전문가, 기업가, 맞춤형 지원이 적절히 조합되면 장애물을 제거하고 불가능해 보이는 일도 가능하게 함 독일의 '파괴적 혁신 기관'으로 불리지만 스타트업처럼 생각하고 행동하는 조직	PD는 연구추진기관과 협의하여 PM 선정 및 PM의 연구를 지휘. 포트폴리오에 기초한 연구개발의 진척상황을 항상 파악하고 PM에 대해 통일적인 지휘 감독 실시 PM은 공모시 제안한 프로젝트를 보다 고품질 양질적으로 전략적 실시 적절한 지적재산관리 및 정보관리를 실시하면서 국제 제휴를 적극적이고 전략적으로 추진

- (영국 ARIA의 PD) ARIA는 과학 기술 혁신을 통해 사회적 혜택을 창출하는 데 중점을 두며, ARIA의 프로그램 디렉터(PD)는 과학 및 기술 혁신 프로젝트에 대한 자금 지원 및 관리를 담당함
- ARIA PD는 다양한 배경을 가진 인재로 구성되어 있으며, 전통적인 과학 및 기술 분야 뿐만 아니라 다양한 분야의 전문가들로부터 채용되고 이들은 혁신적인 생각과 다양한 관점을 가진 개인으로 선발됨
 - PD는 분야나 자격증에 대한 제약 없이 선발되며, 기술적 신뢰성, 비전을 실행에 옮기는 능력, 큰 영향력을 발휘할 수 있는 동기부여를 중요하게 여김²⁰⁾
 - 전통적인 경력 경로나 자격 증명에 부합하지 않는 후보자도 고려되며, 에이전시의 기본 접근 방식, 문화 및 네트워크 형성에 중요한 역할을 함
- ARIA는 특정 분야에 국한되지 않고 다양한 혁신적인 아이디어를 추구하기 때문에 ARIA PD의 임기와 운영 방식은 DARPA와 비교하여 더 개방적이고 유연할 수 있음
 - 제도적 편견이나 장벽을 극복하기 위해 PD 기회에 다양한 사항이 추가되었는데, 이에겐 성별, 인종, 국적, 경력 다양성을 반영하는 선발 위원회, 공동 PD 배치 및 파견 근무 허용, 원격 근무 가능성, 동일한 초봉 제공, 개별 면담을 통한 지원자 중심의 지원팀 구성 등이 포함됨
- ARIA의 PD는 크리에이티브한 권한과 함께 5천만 파운드 이상의 예산을 관리하게 되며, 이들은 과학/기술 비전을 개발하고 프로젝트 포트폴리오에 자금을 지원하며, 진행 상황을 직접 관리할 수 있음
- 영국의 ARIA (Advanced Research and Invention Agency)의 PD 선발 과정은 독특하고 혁신적인 접근 방식을 따르고 있음
 - (독립성과 자유) ARIA는 연구부터 운영에 이르기까지 전반적인 독립성과 유연성을 강조하며, 이를 통해 팀은 새로운 종류의 R&D 기관을 구축할 수 있는 자유를 보장함
 - (다양성과 창의성) ARIA 팀은 다양한 배경을 가진 사람들로 구성되어 있으며, 스타트업, 비영리단체, 벤처캐피털, 공공 부문 등 다양한 분야에서 온 사람들이 새로운 아이디어를 가지고 협력함
 - (인재 중심) ARIA는 다양한 인재를 찾고 있으며, 이 분야가 처음인 사람이나 업무 복귀를 희망하는 사람, 커리어 다음 단계를 모색하는 사람 모두에게 기회를 제공함
 - (협업과 유연한 근무 방식) 팀 내에서의 신뢰와 조율을 중시하며, 일주일 중 3일은 사무실에서 함께 일하고, 나머지는 유연하게 근무할 수 있는 시스템을 운영함

20) ARIA CEO인 Dr. Ilan Gur가 Programme Director 선발 공고를 링크드인에 낸 특이한 사례

- (실험 정신과 배움 중시) ARIA는 실험을 즐기고, 진행하면서 배우는 것을 중요하게 생각하며, 서로에게 도전할 수 있는 문화를 가지고 있음
 - (낙관주의) ARIA의 문화는 내재된 낙관주의에 기반하며, 항상 목표를 실현하기 위한 긍정적인 태도를 갖추고 있음
- ARIA의 PD 선발을 위한 면접 과정은 채용팀 담당자와의 대화, 해당 직무의 채용 관리자와의 화상 통화, 패널 인터뷰, 마지막으로 회사 방문 등으로 단계적으로 진행됨(그림 3-13)
- ARIA PD의 채용 과정은 매우 개방적이며, 후보자의 잠재력을 최대한 파악할 수 있도록 설계되었으며, 이는 각 후보자에 대한 제약을 최소화하면서 짧은 지원서를 통해 이루어짐
- 2024년 1월을 기준으로 ARIA는 1)프로그래밍 가능한 플랜트, 2)대규모로 인간의 뇌와 정밀하게 인터페이스(PD: Dr. Jacques Carolan), 3)기후 측정의 새로운 렌즈, 4)자연 모사(PD: Dr. Suraj Bramhavar), 5)안전하고 혁신적인 AI를 실현을 위한 수학과 모델링(PD: Dr. David Dalrymple), 6)책임감 있는 엔지니어링을 통한 기후 및 날씨 관리 등의 프로그램(PD: Dr. Mark Symes)이 운영되고 있음

Our approach We are a small team of optimists, working to unlock scientific and technological breakthroughs that can benefit everyone. It's a big mission, and getting there won't be easy. That's why we are built to do things differently. For starters, independence is built into our core. From research to operations, our teams have the flexibility and freedom necessary to build a new kind of R&D agency from the ground up. We're also built to think differently. We've joined ARIA from start-ups, non-profits, VCs, and the public sector, so we all bring different perspectives and we celebrate new ideas. Beyond our core team, our board and wider network includes those who have pushed the limits of the possible across disciplines and sectors. We put people at the centre of everything we do and are looking for the broadest array of talent to advance our vision. Whether you're new to this space, looking to return to work after a break, or taking the next step in your career, we want you on our radar. If you get excited by new possibilities and want to leave your mark on the world, check out our open jobs.	How we work We are deeply collaborative. As a new organisation with an ambitious mission, nothing matters more than building trust, connectivity, and alignment within our team. That's why we spend three days a week – Tuesday through Thursday – together in our office in King's Cross. Monday and Friday are anywhere days to facilitate focused time and flexibility. We value learning over perfection. We are a small team, moving quickly. We are big believers in experimentation, and learning as we go. Our team's strong foundation of trust and respect allows us to challenge each other when we think there's an opportunity to improve our work, or the way we work. Optimism is essential. Invention is an optimistic endeavour, driven by a belief that we can imagine something new and then create it. Our team's inherent optimism lets us always look past hurdles to visualise and then realise the successful outcomes we're shooting for.
	The interview process • First, you will have an initial conversation with a member of the recruiting team • You'll then meet with the hiring manager for the role, via video call • Following that, you'll have a panel interview via video call • Finally, we'll invite you to come in and meet the rest of our team <i>The formalities of each above stage may differ depending on the role</i>

〈그림 3-13〉 ARIA PD 선발 공고문

□ (독일 SPRIND의 IM) SPRIN-D의 혁신 매니저(IM)들은 광범위한 산업과 사회에 걸쳐 영향을 미치는 파괴적 혁신에 초점을 맞추며, 이들의 목표는 전체적인 사회와 경제에 긍정적인 변화를 가져오는 혁신을 추진하는 것임

○ SPRIN-D의 IM들은 특정 산업이나 기술에 국한되지 않고, 대신 넓은 범위의 혁신적인 아이디어를 추구하며 파괴적 혁신 프로젝트를 식별 및 선정하고 관리 및 지원하는 역할을 함(그림 3-14)

- SPRIN-D는 혁신 프로젝트의 잠재적 파괴적 영향을 중시하기 때문에 IM들은 넓은 범위의 연구와 혁신적인 아이디어를 평가하고, 이를 사회적 및 경제적 혜택과 연결지어 고려함
- IM들은 혁신적 아이디어와 기술의 상용화 및 사회적 적용을 촉진하기 위해 산업계, 학계, 연구소 및 정부 기관과 같은 다양한 이해관계자와의 관계 구축 및 유지에 중점을 둠
- 프로젝트가 적합하다고 판단되면, 경험 많은 SPRIN-D의 IM이 프로젝트를 함께 추진하 이사회는 최종적으로 협력 여부와 형태를 결정함
- IM은 프로젝트 결정 권한, 자금 지원 및 계약 체결 권한, 전략적 파트너십 성공 권한 등을 가짐

○ SPRIN-D의 IM 선발 공고문에 따르면, IM의 자격요건으로 학술 및 전문적 배경, 산업 또는 연구 경험, 프로젝트 관리 능력, 혁신 및 창의성, 커뮤니케이션 및 협상기술, 네트워킹 및 협업 능력 등을 평가하여 선발함

SPRIN-D		JOBS		MENU			
WE HAVE BIG GOALS. WANT TO COME ALONG? We are looking for people who want to join us in shaping the future. As a part of SPRIND, an organization that may be called the German "Agency for Disruptive Innovation" but that thinks and acts more like a start-up. Our mission: We support and link radical new thinkers from science and business so they can develop new, groundbreaking products and services from Germany.							
SPRIN-D		JOBS		MENU			
JOB OFFERS OF OUR SUBSIDIARIES <table border="1"> <tr> <td> NANO GAMI Nanogami is pioneering the next-generation biochip for research, diagnostics, and personalized medicine. The biochip platform offers ultra-high feature density, modularity, and adaptability to integrate and enhance sequencing, transcriptomics, and proteomics applications. </td> <td> LABORATORY MANAGER (M/F/D) OFFICE MANAGER:IN (M/W/D) </td> </tr> </table>						NANO GAMI Nanogami is pioneering the next-generation biochip for research, diagnostics, and personalized medicine. The biochip platform offers ultra-high feature density, modularity, and adaptability to integrate and enhance sequencing, transcriptomics, and proteomics applications.	LABORATORY MANAGER (M/F/D) OFFICE MANAGER:IN (M/W/D)
NANO GAMI Nanogami is pioneering the next-generation biochip for research, diagnostics, and personalized medicine. The biochip platform offers ultra-high feature density, modularity, and adaptability to integrate and enhance sequencing, transcriptomics, and proteomics applications.	LABORATORY MANAGER (M/F/D) OFFICE MANAGER:IN (M/W/D)						

SPRIN-D		NEW PROJECT		MENU																											
SUBMIT YOUR PROJECT																															
INFORMATION ON THE PERSON <table border="1"> <tr> <td>SALUTATION</td> <td>PLEASE SELECT</td> </tr> <tr> <td>TITLE</td> <td>PLEASE SELECT</td> </tr> <tr> <td>LAST NAME</td> <td>FIRST NAME</td> </tr> <tr> <td>EMAIL</td> <td>PHONE NUMBER</td> </tr> <tr> <td colspan="2">COMPANY</td> </tr> <tr> <td>LEGAL FORM</td> <td>PLEASE SELECT</td> </tr> <tr> <td colspan="2">LEGAL FORM (OTHER) (Enter your legal form here, if it is not in the list above)</td> </tr> <tr> <td>ADDRESS LINE 1</td> <td>ADDRESS LINE 2</td> </tr> <tr> <td>POSTAL CODE</td> <td>CITY</td> </tr> <tr> <td>COUNTRY</td> <td>PLEASE SELECT</td> </tr> <tr> <td colspan="2">COUNTRY (OTHER) (Enter your country here, if it is not in the list above)</td> </tr> <tr> <td>STATE</td> <td>PLEASE SELECT</td> </tr> <tr> <td>FIELD</td> <td>PLEASE SELECT</td> </tr> </table>						SALUTATION	PLEASE SELECT	TITLE	PLEASE SELECT	LAST NAME	FIRST NAME	EMAIL	PHONE NUMBER	COMPANY		LEGAL FORM	PLEASE SELECT	LEGAL FORM (OTHER) (Enter your legal form here, if it is not in the list above)		ADDRESS LINE 1	ADDRESS LINE 2	POSTAL CODE	CITY	COUNTRY	PLEASE SELECT	COUNTRY (OTHER) (Enter your country here, if it is not in the list above)		STATE	PLEASE SELECT	FIELD	PLEASE SELECT
SALUTATION	PLEASE SELECT																														
TITLE	PLEASE SELECT																														
LAST NAME	FIRST NAME																														
EMAIL	PHONE NUMBER																														
COMPANY																															
LEGAL FORM	PLEASE SELECT																														
LEGAL FORM (OTHER) (Enter your legal form here, if it is not in the list above)																															
ADDRESS LINE 1	ADDRESS LINE 2																														
POSTAL CODE	CITY																														
COUNTRY	PLEASE SELECT																														
COUNTRY (OTHER) (Enter your country here, if it is not in the list above)																															
STATE	PLEASE SELECT																														
FIELD	PLEASE SELECT																														

<그림 3-14> SPRIN-D IM 선발 공고문과 신청

- IM 선발 절차는 공고, 지원서 제출, 서류 심사 및 면접, 평가와 최종 결정, 임용 및 교육으로 진행됨(그림 3-15)
- (모집 공고) SPRIN-D의 웹사이트나 관련 채용 포털을 통해 공개적으로 모집 공고가 게시됨
 - (지원서 제출) 관심 있는 후보자는 이력서, 커버 레터, 필요한 경우 기타 지원 문서를 제출해야 함
 - (서류 심사) 제출된 서류는 SPRIN-D의 인사 팀에 의해 심사되며, 자격 요건에 부합하는 지원자를 선별함
 - (면접 과정) 서류 심사를 통과한 지원자는 개별 면접을 진행하는데 이 과정에서는 지원자의 전문적 능력, 혁신적 사고, 그리고 프로젝트 관리 능력 등이 평가됨
 - (평가 및 최종 결정) 면접과 평가를 바탕으로 최종 후보가 선정되며, 적합한 후보에게는 직위가 제안됨
 - (임용 및 교육) 선발된 IM은 SPRIN-D의 정책, 절차, 문화에 대한 교육을 받으며, 해당 역할에 필요한 추가적인 지원이 제공됨

SMALL LENSES, BIG IMPACT.
modern camera design wants to bring high-volume production of small imaging optics back to Europe

(작은 렌즈, 큰 영향력: 소형 이미징 광학 장치의 대량 생산을 유럽으로 가져오고자 하는 최신 카메라 디자인)

WHY WE ARE COMMITTED
Because we are driving an industry revolution with mcd production technology. Because with this technology we have a production technology that addresses all applications for miniature and micro lenses. Because this production technology overcomes existing limitations and lays new foundations for imaging innovations.

WHAT WE DO
We challenge the market leadership of Asian manufacturers in the production of high volume optics, specifically in the area of precision optical injection molding. To provide developers with the space and resources to research the high quality requirements of smartphone cameras and further develop production technology.

PROMOTING EUROPEAN SOVEREIGNTY
Through this production technology, we will return a key technological capability to Germany, thus promoting Germany as a key player in innovation.

NETWORKING AND THINKING BIGGER
SPRIND supports mcd with its extensive expert network and contacts to business partners and early adopters in order to advance the potential of the project in the fastest possible way and to translate the technology into application.



The two micro-optics specialists Frank Wippermann and Jacques Duparré of mcd – modern camera designs GmbH in Jena are not only launching their own breakthrough innovation, but are also paving the way for tomorrow's.

우리가 혁신하는 이유
우리는 mcd 생산 기술로 업계 혁명을 주도하고 있기 때문입니다. 이 기술을 통해 초소형 및 마이크로 렌즈의 모든 애플리케이션에 대응할 수 있는 생산 기술을 보유하고 있기 때문입니다. 이 생산 기술은 기존의 한계를 극복하고 이미징 혁신을 위한 새로운 토대를 마련하기 때문입니다.

우리가 하는 일
우리는 특히 정밀 광학 사출 성형 분야에서 아시아 제조업체의 대량 광학 제품 생산에 대한 시장 리더십에 도전합니다. 개발자에게 스마트폰 카메라의 고품질 요구 사항을 연구하고 생산 기술을 더욱 발전시킬 수 있는 공간과 리소스를 제공합니다.

유럽 주권 증진
이 생산 기술을 통해 핵심 기술 역량을 독일에 반환하여 독일의 혁신의 핵심 주체로 육성할 것입니다.

네트워킹과 더 큰 사고
SPRIND는 광범위한 전문가 네트워크와 비즈니스 파트너 및 얼리 어답터와의 접촉을 통해 mcd를 지원하여 프로젝트의 잠재력을 가장 빠르게 발전시키고 기술을 응용할 수 있도록 합니다.

<그림 3-15> SPRIN-D IM의 프로그램 소개 사례

- (미국 ARPA-H의 PM) 인류 건강의 가장 크고 어려운 문제를 해결하기 위한 혁신적이고 도전적인 접근 방식을 추구하도록 돕는 역할을 하며, 다음과 같은 특성이 있음
 - (선구적인 위험 감수자) ARPA-H PM은 "만약에?"와 "왜 안 될까?"라는 관점을 수용하여 대부분 사람들이 해결할 수 없다고 생각하는 문제에 직면하게 될 때, 장애물, 반대자 또는 "안 된다"는 말에 흔들리지 않고 도전적이고 영향력 있는 목표를 향해 나아가는 합리적 위험 감수자이어야 함
 - (모호함을 편안하게 받아들임) PM은 모호함 속에서 성과를 이끌어낼 수 있는 역량을 갖추고 있으며, 스타트업 문화에서 번창해야 함
 - 특히 이들은 심도 있는 전문 지식을 보유하고 있으면서도 전통적인 분야의 경계나 분야에 얽매이지 않는 것을 선호하는 자들임
 - (실패를 배움으로 받아들임) PM은 성공으로 가는 길에는 필연적으로 좌절이 수반된다는 것을 이해하고 "빠르게 실패하고 잘 실패하는" 방법을 알고 있으며, 각 경험에서 배우고자 함
 - (탄력적인 추진력) PM은 매일 잠에서 깨어날 정도로 강한 추진력을 가지고 있으며, 인간 건강의 가장 어려운 문제를 해결하기 위해 무한한 상상력과 입증된 전문성을 발휘해야 함
 - (협력적 리더십) PM은 공감과 명확성을 바탕으로 다양한 팀 및 개인과 효과적으로 협력하여 강력한 대인관계 기술을 보여주어야 함
 - (전문성) PM은 생물의학, 컴퓨터 기술, 공학, 의학, 행동과학 등 다양한 분야의 전문성을 가지고 있으며, 이러한 다양한 전문적 배경은 건강 결과를 획기적으로 개선하는데 기여할 수 있어야 함
 - (학력 및 자격) PM은 해당 문제 영역/분야의 전문가로서, 고급 학위(예: 박사, 의학박사 등)가 있으면 좋지만 필수는 아니며 학사 학위가 최소 요건임
 - (임기) 최초 임기는 3년이며, 새로운 아이디어와 다양한 관점의 지속적인 순환을 보장하기 위해 최대 6년까지 연장할 수 있음
 - (선발 절차) 지원서 제출, ARPA-H 기술 책임자와의 초기 면접, 피칭 준비 및 구술 면접을 포함하는 여러 단계로 구성된 포괄적인 과정으로 진행
 - (지원서 패키지 제출) 지원자는 자기소개서, 이력서, 프로그램 컨셉(ARPA-(H)에ilmeir 질문에 대한 직접적인 답변으로 구성된 3페이지 이내 문서, 인용이나 참고 문헌 제외), 최대 5개의 추가 프로그램 아이디어(각 1단락)를 포함한 4가지 문서를 제출해야 함

- ※ 추가 프로그램 아이디어는 지원자의 사고의 폭을 파악하는 데 도움이 되기 때문에 요구됨
- (문의하기) 지원자의 전문적 배경과 프로그램 아이디어가 잠재적으로 적합하다고 판단되면, ARPA-H 기술 책임자가 연락하여 회의 일정을 잡고, 지원자의 아이디어와 PM으로서의 역할에 대한 자세한 정보를 제공함
- (피칭 준비) ARPA-H 기술 책임자와 협력하여 지원자의 개념과 추가 아이디어를 ARPA-H가 추구하는 형태로 구체화하는 단계이며, 이 과정에서 몇 번의 반복을 거친 후 상태가 양호하다고 판단되면 구술 면접에 초대됨(그림 3-16)
- (Pitch) 지원자는 ARPA-H 경영진 및 직원들 앞에서 자신에 대한 소개와 ARPA-H에 합류하고자 하는 이유, 자신의 컨셉과 아이디어에 대해 발표함

ARPA-H Program Manager

Opportunity Overview:

Are you an innovative leader in your field with bold ideas for health that could improve the lives of people across the country? We're looking for diverse experts who can drive solutions for the nation's most pressing health-related problems.

The Advanced Research Projects Agency for Health (ARPA-H) is actively seeking Program Managers (PMs) to drive innovative solutions to the nation's most pressing health-related problems. PMs are more than leaders—they are mission-driven visionaries in multidisciplinary fields such as biomedical sciences, computational technologies, engineering, medicine, or behavioral sciences—among many others. These PMs will be responsible for not merely addressing but fundamentally reshaping the nation's most formidable health care challenges. They will bring novel, groundbreaking solutions to longstanding problems and translate these ambitious visions into actionable ARPA-H [programs](#).

At ARPA-H, problem-solving is not about playing it safe: We are advancing bold, revolutionary strategies to improve health outcomes, calculated risks guided by meticulous planning, measurable objectives, and strategic decision-making. PMs will enlist innovative teams (known as ARPA-H awardees or performers), cultivate imaginative strategies, and steer these collective efforts towards breaking new ground in health. ARPA-H is a disease-agnostic agency, seeking solutions to health conditions across the spectrum and building tools that could improve outcomes across many disease areas.

This PM role goes beyond making incremental adjustments to the health care landscape. Instead, it is about fueling seismic shifts that improve health outcomes, broaden access, and render advanced health interventions more economically viable. For those looking to leave a revolutionary impact in the health care sphere, this unique role offers an extraordinary opportunity to catalyze transformational changes that benefit society at large.

Term: This is a term-limited federal position. ARPA-H PMs will have an initial term of three years, which may be renewed for up to an additional three years. The PM will start multiple programs during their tenure, and most programs will span 3-5 years.

Program Development:

- **Innovation and Vision:** PMs lead the conceptualization and development of programs focused on monumental biomedical advances, technological innovations, and industry-altering paradigm shifts.
- **Program Design:** After pinpointing an area of challenge and outlining a revolutionary approach, PMs draft funding solicitations and engage with potential participants and stakeholders.
- **Proposal Evaluation:** Funding solicitations provide the gateway into the PM's program idea, and interested performers respond by submitting such a proposal. PMs review and evaluate proposals to create a risk-balanced portfolio that meets the program's criteria.
- **Team Leadership:** PMs lead and direct a team of Scientific & Engineering Technical Advisors (SETAs) to ensure that ARPA-H's program performers meet and exceed objectives.

Application Process

① Submit your application packet

Submit the following 4 documents: your cover letter, CV, Program Concept (framed as direct responses to the ARPA-(H)elmeir Questions with a 3-page limit, not including citations or bibliography), and a set of up to 5 additional program ideas (1 paragraph each). The request for the additional program ideas is to help us get a sense of the breadth of your thinking since Program Managers will launch a new program every year to a year-and-a-half. We will contact you following an internal review of these documents.

If you have any questions regarding the application process or technical questions related to your program idea(s), please contact: pm-careers@arpa-h.gov.

Submission Form Below

② Talk with us

If your professional background and program ideas seem a potential fit, an ARPA-H technical lead will reach out to schedule a meeting to learn more about your ideas and answer your questions about the process and life as a Program Manager. Major well-defined problems, [a compelling and unique vision](#) of how they might be solved, and clear expertise to move them toward solutions will help you progress to Step 3.

③ Prepare to pitch

You will have the opportunity to work with an ARPA-H technical lead to refine your concept and additional ideas into the shape that ARPA-H seeks. If after a couple of iterations, things seem to be in good shape, you will be invited to give a "job talk."

④ The pitch!

You will present to ARPA-H staff a bit about yourself and why you want to join ARPA-H then dive deeper into your concept and ideas. You will also meet with ARPA-H leadership. If selected to join the ARPA-H team, we'll empower you to launch that bold, ambitious idea to change the world by accelerating better health outcomes for everyone.

<그림 3-16> ARPA-H의 PM 선발 공고문

<표 3-18> ARPA-H에서 추진 중인 프로그램 개요와 PM 현황(2024.1. 기준)

프로그램 명	목적	PM
APEXc	광범위한 바이러스 효능을 위한 항원 예측	Andy Kilianski, Ph.D.
ARPA-H BDfC Toolbox	바이오데이터 팩터리(ARPA-H BDfC) 도구 상자	Andrea Bild, Ph.D.
DIGIHEALS	디지털 건강 보안	Andrew Carney
HEROES	개선된 보건 결과를 달성하기 위한 보상	Darshak Sanghavi, M.D.
NITRO	조직 재생 혁신	Ross Ulrich, D.M.D., M.B.A.
PSI	정밀 외과 개입	Ilana Hanukai, Ph.D.
REACT	회복력 있는 확장 자동화 세포 치료법	Paul Sheehan, Ph.D.
THEA	인간 눈 알로그래프트 이식	Calvin Roberts, M.D.

□ (미국 ARPA-E의 PD) 에너지 문제를 해결하고 지속 가능한 에너지 미래를 가속화하기 위한 혁신적인 기술 개발의 핵심 주체임

- ARPA-E의 프로그램 디렉터(PD)는 에너지 혁신에 열정을 가지고 있어야 하며, 기존의 틀을 깨는 창의적인 접근 방식을 가지고 있어야 함
 - (기술 전문성) PD는 특정 에너지 기술 분야에 대한 심층적인 지식과 이해를 바탕으로 새롭고 혁신적인 프로젝트를 식별하고 지도할 수 있는 전문성을 가져야 함
 - (전략적 사고) PD는 에너지 혁신의 큰 그림을 볼 수 있는 능력과 이를 통해 국가의 에너지 목표를 지원할 수 있는 전략적 프로젝트를 설계할 수 있는 사고방식이 필요함
 - ※ ARPA-E 프로그램 디렉터는 장애물, 도전, 비판을 뚫고 나아갈 수 있는 추진력, 집중력, 인내심을 갖춰야 하며, 과학이 무엇이 효과가 있고 무엇이 효과가 없는지 궁극적으로 판단해야 하고 리스크를 평가하고 관리할 수 있는 능력을 가지고 있어야 함
 - (리더십) 팀을 이끌고 연구자, 개발자, 그리고 다른 이해관계자와 효과적으로 협력할 수 있는 강력한 리더십과 관리 능력을 갖추어야 함
 - (혁신적 사고) 기존의 접근 방식을 넘어서서, 창의적이고 혁신적인 해결책을 제시할 수 있는 능력이 중요함
 - (의사결정 능력) 때로는 제한된 정보로 빠른 결정을 내려야 할 수도 있으므로 강력한 의사결정 능력이 요구됨
 - (통신 능력) 복잡한 과학 및 기술 개념을 명확하게 전달하고, 이해관계자들과 효과적으로 소통할 수 있는 우수한 커뮤니케이션 능력이 필수적임
 - (적응성과 유연성) 새로운 도전과 변화하는 기술 환경에 빠르게 적응하고 필요에 따라 전략을 조정할 수 있는 유연성이 중요함
- ARPA-E PD는 혁신적인 아이디어를 추구하기 위해 인상적인 리소스에 액세스할 수 있지만, 이러한 액세스 권한에는 흔들리지 않는 기술적 정직성과 완전한 과학적 엄격성에 대한 책임이 따름
- PD는 프로젝트 팀과 협력하여 기술 프로그램 마일스톤을 설정하고 달성해야 하며, 성공적인 상용화와 영향력을 발휘할 수 있도록 그 과정에서 성공과 실패에 대해 완전히 투명하게 공개해야 함
- ARPA-E PD도 DARPA PM과 마찬가지로 하일마이어 카테키즘의 질문에 답함으로써, 프로그램 디렉터 지망생들은 자신들의 아이디어가 ARPA-E의 목표와 어떻게 일치하는지, 그리고 이들이 추구하는 혁신이 실제로 실현 가능한 것인지를 보여주어야 함

- (자격요건) ARPA-E PD는 과학 또는 공학 분야의 박사 학위와 10년의 R&D 경력, 조직 및 프로젝트 리더십 경험, ARPA-E의 사명에 대한 열정과 비즈니스 감각, 뛰어난 커뮤니케이션 능력 등을 요구함
- (지원방법) 자격 요건을 강조하는 커버 레터를 준비하고 출판물 및/또는 특허 목록이 포함된 전체 이력서를 작성해야 함(그림 3-17)
 - 관심 있는 새로운 ARPA-E 프로그램 컨셉에 대한 2페이지 분량의 설명서를 준비해야 하며, 이때 국가적 규모의 영향력을 목표로 하고, 고위험, 고수익 투자를 추구한다는 ARPA-E의 지향점을 이해하고 프로그램 컨셉이 ARPA-E의 미션과 일치하는지 확인해야 함
 - 다음으로 하일마이어 질문을 기반으로 프로그램 컨셉을 설명하는 프레젠테이션 구조를 만들어 프로그램 컨셉이 현재 진행 중인 또는 과거의 ARPA-E 프로그램과 어떻게 차별화되는지 명확히 설명해야 함

<표 3-19> ARPA-E PD 자격요건

- 과학 또는 공학 분야의 박사 학위와 최소 10년의 연구개발(R&D) 경력.
- 에너지 관련 분야에서 입증된 강력한 업적 기록, 예를 들어 출판물, 특허, 기술 보고서, 수상 내역 또는 상업적 영향력.
- 조직, 프로젝트 또는 업계(예: 기술 학회)에서의 리더십 역할을 포함한 상당한 R&D 리더십 경험.
- ARPA-E의 사명에 대한 기업가 정신과 열정.
- 새로운 에너지 기술이 에너지 및 경제의 미래에 미칠 수 있는 역할에 대한 강력한 비즈니스 감각과 이해.
- 탁월한 서면 및 구두 커뮤니케이션 능력.
- 협업 환경에서 생산적으로 일할 수 있는 의지.
- 미국 에너지 환경과 주요 과제에 대한 이해.

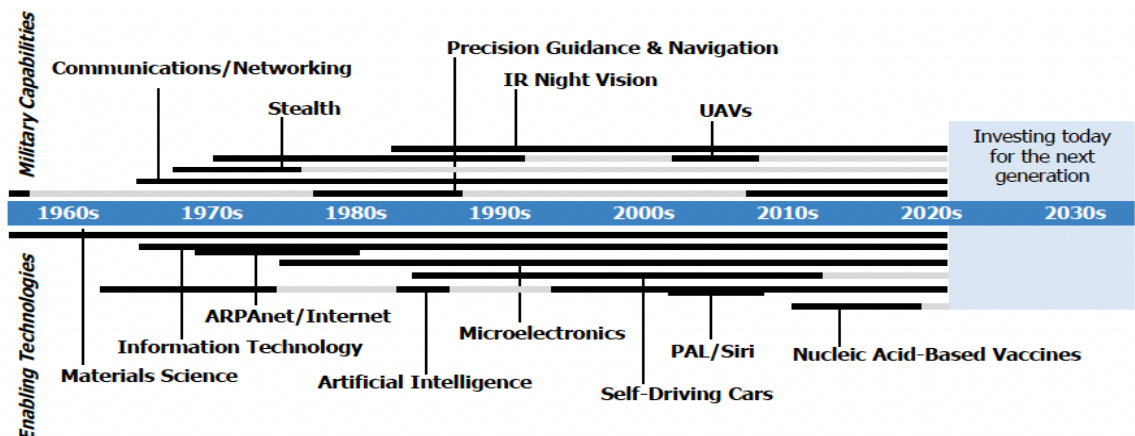
Position Description and Responsibilities ARPA-E is seeking thought leaders with visionary ideas to catalyze the development of transformative energy technologies as Program Directors. PDs are empowered to move quickly in addressing our nation's energy challenges. They are the driving force behind ARPA-E's pursuit of its mission and define the problems that it solves while managing the development of their solutions. The PD role celebrates intellectual curiosity and independence, constant learning, deep technical knowledge, and the willingness to take risks to enable a sustainable energy future. PDs develop and manage their own funded programs to address national-scale energy problems that are unlikely to be solved by industry alone. They identify problems that are both important and challenging enough to warrant the expenditure of taxpayer dollars in the development of solutions. Typical ARPA-E investments in individual focused-area programs range from \$10M to nearly \$50M. PDs lead teams with technical and management support to create Funding Opportunity Announcements (FOAs). They manage the proposal evaluation process and make selection recommendations to the ARPA-E Director. PDs are then responsible for negotiating the technical milestones for each project. After award, PDs actively manage the projects with the performing teams. They are supported by an internal team that helps track progress against milestones, manage award logistics, and prepare the technology for market. PDs are thought leaders both within and outside DOE. They also contribute to the broader ARPA-E mission by supporting the development of their colleagues' program ideas and contributing to the growth, improvement, and culture of the organization. The program development, active management, and thought leadership responsibilities of PDs necessitate frequent travel. While the level does vary through time at the agency, it can be ~50% of a PD's time. Per ARPA-E's Congressional Authorization, the position is a term limited one — with durations typically ranging between 3 and 5 years. Employees of national laboratories, universities, or nonprofits may join ARPA-E under the Intergovernmental Personnel Act (IPA) and may serve for up to 4 years. Those who join ARPA-E as federal employees typically serve for 5 years. Despite being term-limited, the position provides tremendous networking opportunities that can help to catapult former PDs into impactful post ARPA-E careers. Program Director jobs are designated as "positions of public trust", and pre-employment background checks are required. Information about this process and the questionnaire that will need to be completed before employment at ARPA-E begins (but not yet) are at this link. Additionally, after employment begins, financial disclosure reporting will be required; more information may be found at this link. PDs hold senior level technical positions and are paid per the certified performance appraisal system row in the table at this link. Lastly, US citizenship is required.	To Apply To apply for the position, please submit the following: 1. A cover letter highlighting compliance with the above qualifications. 2. Full resume or <i>curriculum vitae</i>, including list of publications and/or patents (if applicable) 3. A two-page description of a potential new ARPA-E program concept that is of interest. In developing this concept, please-- 1. Think big (national scale impact) and remember that ARPA-E aims to make high-risk and hopefully high-reward investments. 2. Ensure alignment with ARPA-E's mission, as described above. 3. Frame the presentation of the concept around the "Heilmeyer questions" (see below). 4. Identify specific areas of technical innovation that might be required to solve the problem that you have identified. 5. Ensure that your concept is differentiated from past and active ARPA-E programs (see https://arpa-e.energy.gov/technologies/programs). However, it is okay to build upon past programs. 6. This concept is intended to help assess both your area of technical interest as well as your approaches to identifying and solving problems. (You would not be constrained to these program concepts should you eventually become a PD at ARPA-E.) Heilmeyer Catechism Program concepts should be framed around the "Heilmeyer questions" (credited to George Heilmeyer, former DARPA director): • What are you trying to do? What is the problem, and why is it hard? Articulate your objectives using absolutely no jargon. • How is it done today, and what are the limits of current practice? • What is new in your approach and why do you think it will be successful? • Who cares? If you are successful, what difference will it make? • What is the impact and how will it be measured? (try to identify the most pertinent techno-economic metrics including comparisons with present state-of-the-art) • What are the risks? • How much will it cost? How long will it take? • What are the mid-term and final "exams" to check for success? The United States Government does not discriminate in employment on the basis of race, color, religion, sex (including pregnancy and gender identity), national origin, political affiliation, sexual orientation, marital status, disability, genetic information, age, membership in an employee organization, retaliation, parental status, military service, or other non-merit factor.
---	--

<그림 3-17> ARPA-E의 PD 선발 공고문

3.3 성과 확산과 전략적 국제협력

1) 성과 확산 전략

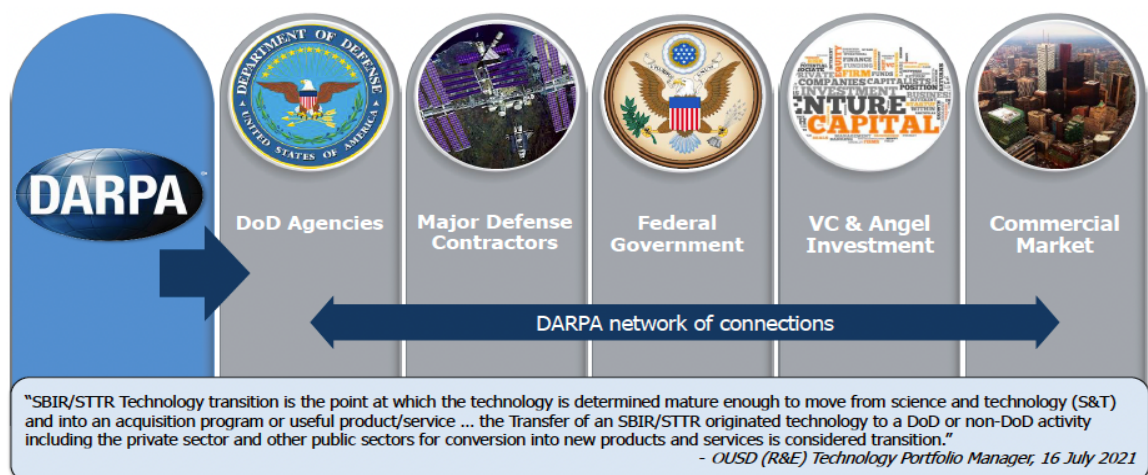
- DARPA는 혁신적 연구 성과가 산업계, 학계 및 정부 부문 전반에 걸쳐 널리 확산되도록 하는데 기여하고 있음
- (연구 결과 및 데이터 공개) DARPA는 학술 논문, 보고서, 기술 데모 등을 통해 종종 연구 결과를 공개적으로 발표하여, 학계와 산업계 연구자들이 이를 바탕으로 추가 연구를 수행할 수 있게 함
 - 가장 유명한 예는 인터넷의 전신인 ARPANET 프로젝트로 DARPA는 이 네트워크 기술을 개발하고, 이와 관련된 연구 결과를 공개하였으며, 이에 대한 기초 연구는 현재의 인터넷 기술 발전의 토대가 되었음
 - DARPA는 Grand Challenge를 통해 자율주행 차량 기술을 발전시키기 위한 대회를 개최하였으며, 이 대회를 통해 수집된 데이터와 연구 결과는 자율주행 기술의 상업적 개발에 중요한 역할을 하였음(그림 3-18)
 - DARPA Robotics Challenge는 로봇 기술의 발전을 촉진하기 위해 개최되었으며, 이 대회에서 개발된 로봇 기술은 재난 구조, 의료, 제조 등 다양한 분야에 응용되고 있음
 - DARPA는 블록체인과 관련된 연구를 지원하며, 이 분야의 보안 및 효율성에 대한 연구 결과를 공개했으며, 이는 블록체인 기술의 민간 및 상업적 활용에 기여하고 있음
 - DARPA는 인공지능과 머신 러닝 분야의 선도적인 연구를 지원하며, 이 분야에서 많은 학술 논문과 연구 결과를 발표하였고, 이러한 연구들은 AI 기술의 발전에 중요한 기여를 하고 있음
 - 무인 항공기(UAVs)는 2000년대 중반부터 투자를 받기 시작하여 현재도 계속되고 있으며 인공지능 기술은 1980년대부터 주요한 투자를 받았으며, 현재도 계속되고 있음



<그림 3-18> DARPA의 지원을 받은 주요 연구성과 및 타임라인(출처: DARPA CONNECT)

○ (협력 및 파트너십 구축) DARPA는 대학, 연구 기관, 기업 및 기타 정부 기관과의 협력을 통해 기술을 발전시키고 있으며, 이러한 파트너십은 기술의 상용화와 확산을 촉진함(그림 3-19)

- (대학) DARPA의 MTO (Microsystems Technology Office) 프로그램은 전자공학, 물리학, 재료과학 등 다양한 분야에서 대학 연구자들과 협력하여 첨단 마이크로 시스템 기술을 개발해 오고 있음
- (기업) DARPA의 Urban Challenge 프로그램은 자율주행 차량 기술 개발을 위해 자동차 산업 및 기술 기업들과 협력했으며, 이 프로그램은 자율주행 기술의 상업적 활용에 중대한 기여를 함
- (정부) DARPA와 NASA는 여러 프로젝트에서 협력해 왔으며, DARPA의 Falcon 프로젝트는 재사용 가능한 우주선 기술 개발을 위해 NASA와 협력한 사례 중 하나임
- (연구기관) 첨단 레이저 시스템과 센서 기술 개발에 있어서 여러 연구 기관과의 협력이 있었음
- 예를 들어, DARPA는 미국 국방부 내 다른 기관들과 연결되어 있어 이러한 연결을 통해 DARPA는 국방 관련 연구와 개발을 수행하고, 해당 기술을 국방부 내 다른 기관들과 공유할 수 있음
- DARPA는 국방 산업 내의 주요 계약업체들과 협력하여 연구 개발한 기술을 실제 군사 장비와 시스템에 적용하며, 미국 연방 정부의 다른 기관들과의 협력을 통해 DARPA의 기술이 국방 분야를 넘어서 다른 정부 기관에서도 활용함
- DARPA가 벤처캐피탈 및 엔젤 투자자들과도 연결되어 있는데, 투자자들은 DARPA의 연구 및 개발 활동에 자금을 제공하거나, 기술 상용화에 필요한 자본을 지원할 수 있음
- 최종적으로, DARPA의 기술은 상업 시장으로 이전되어 일반 소비자들에게 도달하게 되며 이는 기술이 널리 보급되어 경제적 가치를 창출하고 일상 생활에 통합될 수 있음



<그림 3-19> DARPA의 협력 네트워크(출처: DARPA CONNECT)

- (기술 이전 프로그램) DARPA는 정부 연구 결과를 민간 부문으로 이전하기 위한 프로그램을 운영하여 민간 기업들이 새로운 기술을 상용화할 수 있는 기회를 얻도록 함
 - '기술 이전'은 DARPA 50주년 캠페인의 슬로건을 빌려 말하자면 광범위한 아이디어와 단기적인 솔루션 사이의 "격차 해소"를 위한 중요한 마무리 단계로 간주됨 (Caleton, 20210)
 - 프로그램 관리자가 유망한 기술을 기능적 프로토타입 형태로 군대 또는 관련 산업의 얼리 어답터에게 이전하는 단계로 양해각서(MOU)와 사용자 테스트 절차가 이 단계의 일부인 경우가 많음
 - DARPA의 PM은 기술 라이선스 또는 기술 이전 관리자의 역할도 수행하며, 이들은 일반적으로 미군에서 기능적인 프로토타입을 테스트하고 궁극적으로 채택할 수 있는 잠재적인 사용자 그룹을 찾는 일을 직접 담당함
 - DARPA는 CPP(Commercialization Pilot Program)를 통해 기술 개발의 초기 단계에서부터 상용화에 이르기까지 기술 이전을 촉진하고 있으며, 이 프로그램은 특히 국방 관련 기술의 상업적 활용을 위해 설계되었음
 - ※ Small Business Innovation Research (SBIR) 및 Small Business Technology Transfer (STTR) 프로그램을 통해 개발된 기술의 상용화를 가속화하기 위해 설계되었으며, CPP는 기술이 군대의 필드 시스템에 통합될 수 있도록 하는 상용화 전략을 개발하고, SBIR/STTR 프로그램을 통해 개발된 기술을 시장에 출시할 수 있도록 소규모 기업에 자금, 지원 및 지침을 제공
 - DARPA Open Catalog 프로그램은 DARPA가 자금을 지원하는 연구의 결과를 공개적으로 제공하는 것으로 이 카탈로그를 통해, 연구자, 개발자 및 기업가들은 소프트웨어, 데이터 및 기타 연구 결과에 쉽게 접근할 수 있으며, 이를 활용하여 자신들의 기술 개발에 도움을 받을 수 있음(그림 3-20)
 - ※ 소프트웨어: 연구 프로젝트에서 개발된 소스 코드, 틀, 알고리즘, 데이터 세트 등이 오픈 소스 라이선스로 제공될 수 있으며, 이를 통해 다른 연구자들이 이러한 자원을 사용하여 추가 연구를 수행하거나 교육 목적으로 활용할 수 있음
 - ※ 연구 논문과 출판물: 연구자들이 작성한 학술 논문, 연구 보고서, 기술 문서 등이 공개되며, 이는 해당 분야의 지식 베이스를 확장하고, 다른 연구자들이 이전의 연구에 기반하여 추가적인 연구를 수행하는 데 도움이 됨
 - ※ 데이터 세트: 연구 중에 수집된 데이터 세트가 공개될 수 있으며, 이는 연구자들이 데이터를 분석하고, 새로운 연구 질문을 탐색하며, 기계 학습 모델을 훈련시키는 데 사용될 수 있음
 - ※ 기술 데모: 연구 개발 프로젝트의 결과로 나온 기술이나 프로토타입의 시연이 포함될 수 있으며, 이는 기술의 실제 응용 가능성을 탐색하는 데 도움이 됨

XDATA Team	Software	Category	Instructions Material	Code	Dev. Status	Description	License
Apptima Inc.	Network Query by Example	Analytics	2014-07	https://github.com/Apptima/pattern-matching.git	Stable	Hadoop MapReduce-over-Hive based implementation of network query by example utilizing attributed network pattern matching.	ALv2
Boeing/Pitt Publications	SMILE-WIDE: A Scalable Bayesian network library	Analytics	2014-07	https://github.com/SmileWide/Smile.git	Stable	SMILE-WIDE is a scalable Bayesian network library. Initially, it is a version of the SMILE library, as in SMILE with integrated Distributed Execution. The general approach has been to provide an API similar to the existing API SMILE developers use to build "local," single-threaded applications. However, we provide "vectorized" operations that hide a Hadoop-distributed implementation. Apart from involving a few idiosyncratic Hadoop command line argument parsing, these appear to the developer as if they were executed locally.	ALv2
Carnegie Mellon University Publications	Support Distribution Machines	Analytics	2014-07	https://github.com/douglassutherland/sdm.git	Stable	Python implementation of the nonparametric divergence estimators described by Barnabas Poczos, Liang Xiong, Jeff Schneider (2011). Nonparametric divergence estimation with applications to machine learning on distributions. Uncertainty in Artificial Intelligence. (http://nips.cc/paper_files/paper/2008/papers/08/Xiong.pdf) and also their use in support vector machines, as described by Dougal J. Sutherland, Liang Xiong, Barnabas Poczos, Jeff Schneider (2012). Kernels on Sample Sets via Nonparametric Divergence Estimation. (http://arxiv.org/abs/1202.0302).	BSD
Continuum Analytics	Blaze	Infrastructure	2014-07	https://github.com/ContinuumIO/blaze.git	Stable	Blaze is the next-generation of NumPy. It is designed as a foundational set of abstractions on which to build out-of-core and distributed algorithms over a wide variety of data sources and to extend the structure of NumPy itself. Blaze allows easy composition of low-level computation kernels (C, Fortran, NumPy) to form complex data transformations on large datasets. In Blaze, computations are described in a high-level language (Python) but executed on a low-level runtime (outside of Python), enabling the easy mapping of high-level expertise to data without sacrificing low-level performance. Blaze aims to bring Python and NumPy into the massively-parallel arena, allowing it to leverage many GPU and CPU cores across computers, virtual machines and cloud services.	BSD
Continuum Analytics	Bokeh	Visualization	2014-07	https://github.com/ContinuumIO/bokeh.git	Stable	Bokeh (pronounced bo-Kay or bo-Ku) is a Python interactive visualization library for large datasets that natively uses the latest web technologies. Its goal is to provide elegant, concise construction of novel graphics in the style of Protovis/D3, while delivering high-performance interactivity over large data to the clients.	BSD
Continuum Analytics	CDOZ	Visualization	2014-07	https://github.com/ContinuumIO/cdoz.git	Stable	Software to visualize the structure of large or complex datasets / produce guides that help users or algorithms gauge the quality of various kinds of graphs & plots.	BSD
Continuum Analytics	Numba	Infrastructure	2014-07	https://github.com/numba/numba.git	Stable	Numba is an Open Source NumPy-aware optimizing compiler for Python sponsored by Continuum Analytics, Inc. It uses the LLVM compiler infrastructure to compile Python syntax to machine code. It is aware of NumPy arrays as typed memory regions and so can speed-up code using NumPy arrays. Other, less well-typed code is translated to Python C-API calls effectively removing the "interpreter" but not removing the dynamic indirection. Numba is also not a tracing just in time (JIT) compiler. It compiles your code before it runs either using run-time type information or type information you provide in the decorator. Numba is a mechanism for producing machine code from Python syntax and typed data structures such as those that exist in NumPy.	BSD

〈그림 3-20〉 DARPA Open Catalog 사례

- DARPA는 특허나 기술 라이선싱을 통해 민간 기업들이 연구 결과를 상업적으로 활용할 수 있도록 하는데, 이러한 라이선싱은 기술의 상용화를 가속화하고, 민간 부문의 혁신을 촉진함
- (스타트업 및 중소기업 지원) DARPA는 혁신적인 기술을 상용화하는 데 도움을 주기 위해 스타트업과 중소기업을 지원하는데, 이는 종종 연구 및 개발 자금 지원을 통해 이루어짐
- SBIR(Small Business Innovation Research) 프로그램을 통해 소규모 기업들이 혁신적인 기술 연구와 개발에 필요한 초기 자금을 확보할 수 있도록 지원함
 - ※ 지원자격: 미국 내에서 조직되고 운영되는, 500명 미만의 직원을 보유한 민간 소유의 기업이어야 하며, 다른 기업에 의해 지배받지 않는 독립적인 기업이어야 함. 또한 프로젝트의 주요 연구 및 개발 활동은 미국 내에서 수행되어야 하며, 프로젝트의 책임 연구원(PI)은 미국에 거주해야 하고 최소 51% 이상이 미국 시민 또는 영주권자에 의해 소유되어야 함
- STTR(Small Business Technology Transfer) 프로그램을 통해 대학, 비영리 연구 기관과 소규모 기업 간의 협력을 촉진하고 있으며, 이 프로그램은 SBIR과 유사하지만, 연구 기관과의 협력에 더 큰 중점을 두며 주로 연구 결과를 상업적 제품으로 전환하는 데 필요한 자금을 제공함
 - ※ 지원자격: 미국 내의 소규모 기업과 비영리 연구 기관(대학, 연방 연구소, 비영리 연구 기관) 간의 협력을 통한 연구 및 개발 프로젝트에 초점을 맞추기 때문에 마찬가지로 미국 내에서 조직되고 운영되는, 500명 미만의 직원을 보유한 민간 소유의 기업이어야 함

하고 소규모 기업은 프로젝트에서 중요한 역할을 담당하는 비영리 연구 기관과 공식적인 협력 관계를 맺어야 함. 프로젝트의 연구 및 개발 활동은 미국 내에서 이루어져야 하며, 주요 연구원은 미국 거주자여야 하고 소규모 기업은 최소 51% 이상이 미국 시민 또는 영주권자에 의해 소유되어야 함(그림 3-21)

- ※ 1단계 - 타당성 연구: 이 초기 단계에서는 국방부(DoD) 프로그램 공고를 통해 제안된 연구 프로젝트의 과학적 및 기술적 장점과 실현 가능성을 평가함. 제안된 프로젝트는 DoD의 미션과 관련된 주제에 기반하며, 제안서는 경쟁적으로 평가되며, 1단계의 목표는 소규모의 투자로 프로젝트의 가능성을 평가하고, 향후 추가 지원을 결정하는 것임
- ※ 2단계 - 연구 개발 노력: 1단계에 이어진 연구 개발을 진행하는 단계로 1단계에서 성공한 수상자들은 2단계 제안서를 제출하게 되며, 이 단계에서는 1단계의 연구 결과와 함께 제안의 과학적, 기술적 장점 및 상업적 잠재력을 바탕으로 평가함. 이 단계에서는 프로젝트가 전체 연구 개발을 완료할 수 있는 충분한 지원을 받는 것을 목표로 하지만, 모든 연구가 SBIR 또는 STTR 프로그램의 자금만으로 완료되지 않을 수도 있음을 인정함
- ※ 3단계 - 상용화: 이 마지막 단계에서는 SBIR 또는 STTR 프로그램을 통해 개발된 연구나 기술을 상용화하는 데 중점을 둠. 3단계 연구는 SBIR 또는 STTR 프로그램 외부의 자금 출처, 예를 들어 벤처 투자자로부터 자금을 받아 진행됨. 이 단계는 기술의 시장 진입과 상업적 성공을 목표로 하며, 종종 제품화, 생산, 및 시장 판매로 이어짐

Phase	SBA SBIR/STTR Program	DARPA SBIR/STTR Program
Phase I (optional)	\$295,924 cap (12 months) Feasibility Study	\$275,000 (~10 months) Feasibility Study
Phase II*	\$1,972,828 cap (24-36 months) Adoptions/Co-funds Continued Research and Prototype	\$1,800,000 (24-36 months) Adoptions/Co-funds Continued Research and Prototype
Phase II Enhancement	\$1:\$1 Match (up to 12 months)	\$1:\$1 Match (up to 12 months) Up to \$500K
Phase III	No time limit No SBIR funds	No time limit No SBIR funds

*Phase II values can exceed these numbers if funds are available and by using a simple waiver process.

Note: There is no cap on the amount of non-SBIR/STTR funding that can be applied to a SBIR/STTR.

<그림 3-21> DARPA의 SBIR/STTR 프로그램의 구조(출처: DARPA CONNECT)

- 국방 분야의 기술 혁신을 가속화하기 위해 DIU(Defense Innovation Unit)를 설립 하였으며, 이 조합은 스타트업과 중소기업이 혁신적인 솔루션을 개발하고 국방 부문에 적용할 수 있도록 지원하고 있음
- ※ DIU의 주요 활동: 상업 부문과의 협력: ①DIU는 최신 상업 기술을 식별하고 이를 국방 부문에 적용할 수 있는 방법을 찾기 위해 민간 기업, 스타트업, 벤처 캐피탈리스트와 협력, ②DIU는 국방에 필요한 기술을 빠르게 프로토타이핑하고 테스트하기 위해 Other Transaction Authority (OTA) 계약을 사용하여 비전통적인 방법으로 계약을 체결할 수

있음, ③DIU는 인공 지능, 자율 시스템, 인간-기계 인터페이스, 우주 기술, 사이버 보안 등 여러 기술 영역에 집중, ④DIU는 상용 기술을 군사적으로 적용하여 국방부의 운영 효율성을 향상시키고, 국방 임무를 지원하는 혁신적인 솔루션을 제공

- 중소기업을 대상으로 한 RIF(Rapid Innovation Fund) 프로그램을 통해 국방 관련 기술 혁신과 급속한 프로토타입 개발을 지원하고 있으며, 이는 중소기업이 국방 부문의 기술적 요구를 충족시키는 혁신적인 제품과 서비스를 개발하는 데 도움을 줌

※ RIF는 혁신적인 기술이 빠르게 시장에 진입하고 국방 시스템에 적용될 수 있도록 하기 위해 고안되었으며, 이를 위해 RIF는 전통적인 국방 계약 절차보다 더 빠르고 유연한 계약 방식을 제공하는 것이 특징임

- DARPA는 자율주행 차량, 로봇틱스, 사이버 보안 등 여러 분야에서 공개 챌린지와 경연대회를 개최함으로써 타트업과 중소기업이 혁신적인 아이디어를 시험하고, 기술 개발에 필요한 자금과 인지도를 얻을 수 있는 기회를 제공하고 있음

○ (컨퍼런스 및 워크숍) DARPA는 정기적으로 과학 및 기술 관련 컨퍼런스와 워크숍을 개최하여 새로운 연구 아이디어를 공유하고 다양한 이해관계자 간의 협력을 촉진함

- 대표적으로 DARPA Forward는 DARPA가 주최하는 세미나 또는 컨퍼런스 시리즈로, 연구 커뮤니티, 산업, 학계 그리고 군사 분야의 리더들을 한데 모아 혁신적인 기술과 아이디어를 공유하고 토론하는 행사임(그림 3-22)

※ 세미나에서는 다양한 기술 분야에 대한 발표가 있으며, 참가자들은 DARPA 프로그램 매니저들과 직접 대화를 나누며 현재의 연구 동향 및 도전과제에 대해 논의하며, 이를 통해 참가자들은 미래 기술 발전의 전망을 모색하고, DARPA가 지원할 수 있는 혁신적인 연구 아이디어를 제안할 기회를 갖게 됨.

※ DARPA Forward는 미국의 여러 지역에서 개최되며, 각 행사는 해당 지역의 연구 및 기술 혁신 생태계에 특화된 내용을 다룰 수 있으나 DARPA의 연구 및 개발 미션을 국방부 외부로 확장하고, 국가의 기술적 우위를 유지하는 데 필요한 다양한 관점과 아이디어를 모으는 데 중점을 두고 있음



DARPA FORWARD(사진: 콜로라도대학교)

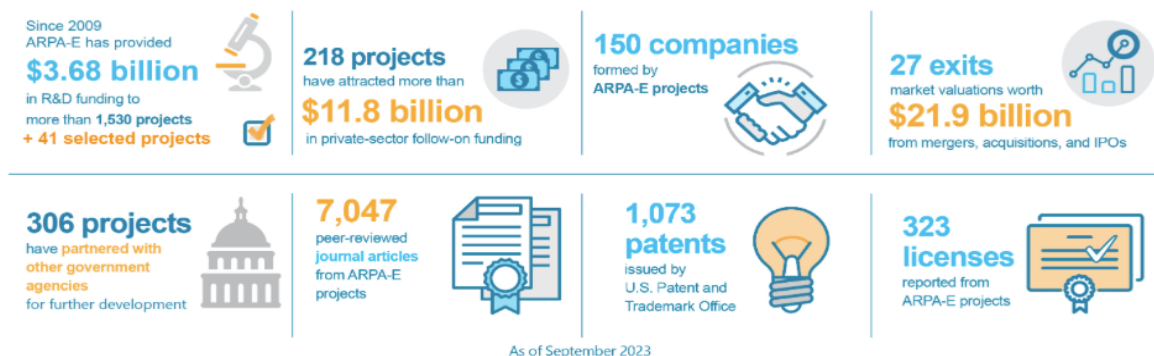


DARPA CONNECT(사진: 플로리다대학교)

<그림 3-22> DARPA 컨퍼런스 예시

□ ARPA-E의 경우 자체 연구개발에 의해 상업적 영향력을 발휘할 수 있는 초기 지표들을 추적하고 있음

- 이러한 지표에는 민간 부문 후속 자금 조달, 새로운 회사 설립, 다른 정부 기관과의 파트너십, 출판물, 발명, 특허 등이 포함됨
- 2009년 이래로 ARPA-E는 1,530개 이상의 잠재적으로 변혁적인 에너지 기술 프로젝트에 대해 약 36억 8천만 달러의 R&D 자금을 제공했으며 최근 ARPA-E는 많은 프로젝트 팀들이 기술을 계속 발전시키고 있다고 발표함
 - ARPA-E 프로젝트를 통해 150개의 새로운 회사가 설립되었고 ARPA-E 기술에 대해 323개의 라이선스가 발급되었으며, 306개가 다른 정부 기관과 파트너십을 맺었고, 218개 팀이 합쳐서 시장에 기술을 진전시키기 위해 118억 달러 이상의 민간 부문 후속 자금을 조달한 성과가 있다고 발표하였음
 - 또한, ARPA-E 프로젝트는 7,047개의 동료 평가 저널 기사와 미국 특허청에서 발급한 1,073개의 특허를 통해 과학적 이해와 기술 혁신을 발전시키는 데 도움을 주었다고 발표함
- 10년 이상의 기간 동안 ARPA-E는 공개 상장, 합병, 인수를 통한 엑시트(exits)를 시작하고 있음(그림 3-23)
 - 2023년 9월 기준으로 ARPA-E는 27건의 엑시트(exits)를 가지고 있으며, 거래 당시의 총 보고된 가치는 219억 달러임
 - 이러한 지표들은 ARPA-E가 초기 단계 에너지 R&D를 선택하고 자금을 지원하며 적극적으로 관리하는 접근 방식이 에너지 과학과 공학의 최신 상태를 발전시키고 첨단 에너지 기술의 상업화에 대한 새로운 기회를 정의하는 데 계속해서 효과를 발휘하고 있음을 보여줌



<그림 3-23> ARPA-E의 주요 성과 확산(출처: ARPA-E 홈페이지)

□ 한편, DARPA의 PM은 프로젝트 관리 및 행정 지원을 제공하는 여러 명의 "SETA"²¹⁾를 프로그램에 배정할 수 있음

○ 시스템 엔지니어링 및 기술 지원(SETA) 계약자는 국방부 프로그램을 지원하기 위해 고용된 민간인 직원 또는 정부 계약자임

○ 또한 국방부에서 교육을 받고 인증을 받은 다양한 계약 담당자가 DARPA 프로그램 관리자가 자금을 지원하는 팀과 프로젝트 계약을 협상하고 유지하는 데 도움을 줌

※ 예를 들어, ATI (Advanced Technology International), BAH(Booze Allen Hamilton)과 같은 기관은 연방 정부와 기술 개발자 간의 연결 고리 역할을 하며, 자금 지원 기회를 알리고 혁신적인 기술을 연방 정부에 소개하는 데 도움을 줌

○ SETA는 DARPA 프로젝트의 기술적, 관리적 측면을 지원하여 DARPA의 연구 및 개발 목표 달성에 기여하고 있음(그림 3-24)

- SETA는 프로젝트 계획, 시스템 설계, 기술 평가 및 리스크 관리를 포함하여 DARPA의 프로젝트에 대한 기술적인 조언과 지원을 제공함
- SETA는 예산 관리, 일정 설정, 자원 배분 등을 포함하여 프로젝트 관리 및 조정을 지원하여 프로젝트가 효과적으로 진행될 수 있도록 지원하며, 프로젝트가 모든 관련 안전 규정과 정책을 준수하도록 지원함
- SETA는 기술 성능, 비용 효율성 및 가능한 위험 요소의 평가를 포함하여 기술 개발의 진전 상황을 평가하고 분석하여 프로젝트가 목표를 달성할 수 있도록 돕고 있으며, 최신 기술 동향과 혁신을 지속적으로 파악하여, DARPA의 프로젝트가 최신 기술을 활용할 수 있도록 함
- SETA는 계약 관리와 관련된 업무를 지원하며, 프로젝트를 위한 적절한 자원과 서비스의 조달을 지원하며 다른 정부 기관, 산업계 및 학계와의 협력을 조정하고, 프로젝트의 진행 상황에 대한 커뮤니케이션을 담당할 수 있음
- SETA는 다양한 R&D 컨소시엄을 구축하고 이끌며, 이를 통해 동종 업계의 최고 전문가들을 한데 모아 국가의 복잡한 문제들을 해결하고 있는데 이러한 컨소시엄은 특정 기술 분야에 초점을 맞추고, 정부와 산업계 간의 협력을 촉진함
- SETA는 스타트업 및 기업들이 연방 정부의 자금 지원 프로그램에 참여할 수 있도록 프로젝트 피치와 제안서 작성을 지원하고 있으며, 이는 기술 혁신, 기술적 목표 및 도전 과제, 시장 기회, 회사 및 팀에 대한 중요한 정보를 제공함
- SETA는 비전통적 공급자에게 상당한 양의 비전통적 액세스를 제공하여, 다양한

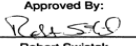
21) Systems Engineering and Technical Assistance/Advisory: DARPA의 전체 연구개발 예산 중 SETA 지원의 비율은 대략 7.4~9.9% 사이로 평가되고 있음(Klabukov et al.,2017)

기업과 학계가 정부 프로젝트에 참여할 수 있도록 하고 있으며, 이는 기술 혁신을 촉진하고, 국가의 어려운 문제를 해결하는 데 기여함

- SETA는 국방부의 다양한 연구 프로젝트에 대한 프로토타이핑을 지원하며, 이를 통해 새로운 기술과 솔루션이 실제 군사적 응용 및 상용화로 이전될 수 있도록 함

○ (사례) BAH 회사의 SETA 분기 기술 보고서에 따르면 SETA는 DARPA의 마이크로일렉트로닉스 기술 삽입 프로그램을 위해 기술적, 관리적, 행정적 지원을 제공하여 프로그램의 효율적인 진행과 결과 달성에 기여함

- (연락 담당자 역할) 다양한 MTO 프로그램들 사이의 연락을 담당하고, 새로운 프로그램 기회를 식별 및 개발하며, 기술 이전 경로를 탐색함
- (기술 연구 및 평가) MTO 자금을 지원하는 계약자들, 기술 커뮤니티 간의 주요 연락 창구로 기능하며, 정기적으로 계약자들과의 연락과 현장 방문을 실시함
- (기술 문서화) 엔지니어링, 기술 통합 및 조정, 기술 연구 및 평가, 기술 문서 작성 등의 작업을 포함하여 기술 문서화를 지원함
- (공학 및 기술 지원 서비스) MTO 프로그램의 공학 및 기술 통합, 조정을 지원하고, 기술 연구와 평가를 수행함
- (프로그램 관리 및 행정 지원) 프로그램 계획 및 통제, 시설 및 물류 지원, 문서 관리 및 통제, 행정적 프로그램 지원 등의 업무를 수행함
- (기술 발표 및 회의 지원) 기술 회의, 워크숍 및 시연회의 준비 및 조직을 지원하기도 하였음
- (프로그램 기획 및 통제) MTO에 프로그램 계획 및 통제 지원을 제공하며, 성능, 일정, 행동 항목 및 하청 업무를 추적함

AD-A277 686  SETA Support for the DARPA Microelectronics Technology Insertion Program of the Microelectronics Technology Office QUARTERLY TECHNICAL REPORT For the Period 1 August 1992 to 31 October 1992 Sponsored by: Defense Advanced Research Projects Agency Microelectronics Technology Office Microelectronics Technology Insertion Program ARPA Order No. 6900 Program Code Nos. 2E20 and 2D10 Issued by DARPA/CMO under Contract No. MDA972-92-C-0029 DTIC ELECTE APR 05 1994 S F D Prepared By:  Daniel H. Butler, Jr. Approved By:  Robert Swistak This document has been approved for public release and sale; its distribution is unlimited. Booz-Allen & Hamilton Inc. The views and conclusions contained in this document are those of the authors and should not be interpreted as representing the official policies, either expressed or implied, of the Defense Advanced Research Projects Agency or the U.S. Government. 94-10209	TABLE OF CONTENTS <table style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: right;">Page Number</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. INTRODUCTION</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>2. TASK 3.1: Engineering and Technical Support Services</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>3. TASK 3.2: Management and Administrative Support Services</td> <td style="text-align: right;">6</td> </tr> <tr> <td>4. CONCLUSIONS</td> <td style="text-align: right;">10</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APPENDIX A: Trip Report, San Jose, California, 21-25 September 1992</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APPENDIX B:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Attachment 1: TriQuint Analysis, Nashua Meeting, 28 August 1992</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Attachment 2: Lockheed Sanders Analysis, Nashua Meeting, 28 August 1992</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Attachment 3: Lockheed Sanders Briefing Notes, Nashua Meeting, 28 August 1992</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APPENDIX C: Briefing On Digital GaAs Insertions: A Retrospective, 20 November 1992</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APPENDIX D: Schedule of Reviews and Demonstrations for the Transition of Optical Processors to Systems (TOPS) Program, October 1992 - December 1994</td> </tr> </tbody> </table>		Page Number	1. INTRODUCTION	1	2. TASK 3.1: Engineering and Technical Support Services	1	3. TASK 3.2: Management and Administrative Support Services	6	4. CONCLUSIONS	10	APPENDIX A: Trip Report, San Jose, California, 21-25 September 1992		APPENDIX B:		Attachment 1: TriQuint Analysis, Nashua Meeting, 28 August 1992		Attachment 2: Lockheed Sanders Analysis, Nashua Meeting, 28 August 1992		Attachment 3: Lockheed Sanders Briefing Notes, Nashua Meeting, 28 August 1992		APPENDIX C: Briefing On Digital GaAs Insertions: A Retrospective, 20 November 1992		APPENDIX D: Schedule of Reviews and Demonstrations for the Transition of Optical Processors to Systems (TOPS) Program, October 1992 - December 1994	
	Page Number																								
1. INTRODUCTION	1																								
2. TASK 3.1: Engineering and Technical Support Services	1																								
3. TASK 3.2: Management and Administrative Support Services	6																								
4. CONCLUSIONS	10																								
APPENDIX A: Trip Report, San Jose, California, 21-25 September 1992																									
APPENDIX B:																									
Attachment 1: TriQuint Analysis, Nashua Meeting, 28 August 1992																									
Attachment 2: Lockheed Sanders Analysis, Nashua Meeting, 28 August 1992																									
Attachment 3: Lockheed Sanders Briefing Notes, Nashua Meeting, 28 August 1992																									
APPENDIX C: Briefing On Digital GaAs Insertions: A Retrospective, 20 November 1992																									
APPENDIX D: Schedule of Reviews and Demonstrations for the Transition of Optical Processors to Systems (TOPS) Program, October 1992 - December 1994																									

<그림 3-24> MTO의 마이크로일렉트로닉스 기술 프로그램을 위한 SETA의 분기기술보고서(1992)

- 이와 유사하게 주요국 선진 연구지원기관에서는 고위험·고보상(HRHR)형 R&D 프로그램에 적합한 고유한 성과확산 체계를 구축하고 있음
 - (미국 국립과학재단) "Knowledge Dissemination" 등 연구 결과를 공유하고 활용하기 위한 다양한 프로그램을 운영하고 있으며, 연구 결과의 공개 접근성 확대를 위한 "Public Access to Research Results" 프로그램을 운영 중인 것으로 조사됨
 - (영국 혁신 네트워크) 영국 정부는 Innovate UK를 통해 기업과 연구기관 간의 협력을 촉진하고, 특히 고위험 R&D 프로젝트의 상업화를 지원하고 있으며 "Catapult Centres" 프로그램을 운영하여 특정 기술 분야에서 혁신적 연구 결과를 신속하게 상용화할 수 있도록 지원하는 플랫폼을 제공
 - (유럽 Horizon 2020) 연구 결과의 무료 공개 접근을 제공하고 있으며, "Innovation Radar" 프로그램을 통해 유망한 연구 결과를 발굴하여 상용화지를 지원하고 있음
 - (일본 과학기술진흥기구) 연구 결과를 사업화하기 위한 지원 프로그램 "V-NEXT"을 운영중이며, 연구 결과를 홍보하고 상용화를 위한 플랫폼인 "JST Innovation Plaza"을 제공
 - (독일연방교육연구부) 바이오 분야 연구 결과의 상용화 지원 프로그램인 "GO-Bio", 중소기업의 기술 개발 지원 프로그램인 "ZIM" 등이 있음
 - (중국 과학기술부) 기술 이전 및 상용화 지원 기관(National Technology Transfer Center)을 조직하여 두고 있으며, 중소기업 기술 혁신 지원 프로그램인 "Torch Program"을 운영 중임
 - (캐나다 과학 및 경제개발부) 캐나다 정부는 고위험 연구개발 프로젝트에 대한 투자를 촉진하고, 이러한 프로젝트의 상용화를 지원하기 위해 "Strategic Innovation Fund"을 운영하고 있으며, 이 기금은 연구개발, 상용화 및 확장을 촉진하기 위한 자금을 제공하고 특히 신기술의 개발과 적용을 촉진하는 데 중점을 둠
 - (Innovation and Science Australia) 호주는 "National Innovation and Science Agenda"를 통해 연구 결과의 상용화와 이전을 촉진하는 여러 프로그램을 운영하고 있음. "Entrepreneurs' Programme"는 혁신적인 아이디어를 가진 기업에 멘토링, 자금 및 자원을 제공하여 고위험 연구개발 프로젝트의 성공 가능성을 높이고 있음

2) 국제협력 전략

- DARPA는 혁신적인 연구개발을 위한 국제협력의 중요성을 인식하고, 글로벌 연구 커뮤니티와의 협력, 국제적인 기술 교류 및 협력 프로젝트 등을 통한 국제협력을 추진하고 있음²²⁾
- DARPA는 양자컴퓨팅, 인공지능, 초음속, 생명공학 분야에서 전략적 파트너십을 구축하고 협력 연구를 수행하고 있음
 - DARPA는 유럽 및 캐나다의 파트너와 협력하여 암호 해독, 새로운 치료법 개발 등 다양한 응용 분야에 사용할 수 있는 양자 컴퓨터를 개발하고 있음
 - ※ 2016년 DARPA와 유럽위원회는 양자 기술 개발을 위한 10억 유로 규모의 이니셔티브인 쿼텀 플래그십을 출범했음
 - DARPA는 이스라엘의 파트너와 협력하여 자율 시스템 및 사이버 보안에 사용할 수 있는 인공 지능 기술을 개발하고 있음
 - ※ 2018년 DARPA와 이스라엘 국방부는 국가 안보 애플리케이션을 위한 인공 지능 기술을 개발하기 위한 공동 프로그램인 브레인 이니셔티브를 출범했음
 - DARPA는 2020년에 DARPA와 영국 국방부는 극초음속 무기 개발을 위한 공동 노력인 극초음속 협력 프로그램을 시작했음
 - DARPA는 일본의 파트너와 협력하여 의료 치료 및 새로운 국방 응용 분야에 사용할 수 있는 생명공학 기술을 개발하고 있음
 - ※ 2021년 DARPA와 일본 정부는 국가 안보 애플리케이션을 위한 생명공학 기술을 개발하기 위한 공동 프로그램인 첨단 연구 및 방위를 위한 생명공학 기술(Biological GUARD) 프로그램을 시작했음
- DARPA의 임무지원실(MSO)에는 국제협력실장(Director of International Cooperation)이 있으며 DARPA의 글로벌 협력 전략을 개발하고 실행하는 데 중점을 두며, 국제적인 연구 및 기술 개발 파트너십을 관리하는 역할을 함
 - 국제협력실장은 DARPA의 국제 협력 방향을 설정하고, 관련 전략을 개발하는 것이며, 이는 국제적인 기술 혁신 및 연구 개발에 관한 협력 기회를 포함함
 - 또한, 공동 연구 프로젝트, 기술 교류 프로그램, 그리고 다국간 협력 이니셔티브를 포함하여 다양한 국가의 정부 기관, 연구 기관, 학계 및 산업계와의 협력 관계를 구축하고 유지하는 역할을 함

22) DARPA의 프로젝트는 종종 기밀성을 유지하며 모든 협력이나 프로젝트 세부 사항이 일반 대중에게 공개되지 않을 수 있기 때문에 다양한 국제협력을 진행하고 있지만, 이들 특정 프로그램에 대한 공개적인 정보나 자세한 내용은 제한적일 수 있음

- 국제적인 연구 협력 프로그램 및 이니셔티브를 실행하고 관리하며, 이는 DARPA의 연구 목표와 국제적인 파트너의 이익이 어우러지는 방식으로 이루어짐
 - 국제협력실장은 DARPA와 국제 연구 커뮤니티 간의 관계를 강화하고, 글로벌 연구 및 기술 네트워크를 확장하는데도 역할을 하고 있으며, 국제 기술 정책, 협약 및 규제에 대한 이해를 바탕으로 협력을 주도함
 - 국제적인 기술 및 연구 회의, 워크숍, 포럼에 참여하여 DARPA의 연구 방향과 성과를 소개하고, 글로벌 협력 기회를 탐색하기도 함
- ※ 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

○ **(다국적 연구 협력)** DARPA는 다른 국가들의 연구 기관과 협력하여 공동 연구 프로젝트를 진행함

- DARPA의 Countering Foreign Influence Program (CFIP)은 외국의 영향력에 대응하기 위한 프로그램으로, 주로 정보 전쟁, 사이버 보안, 국가 안보와 관련된 분야의 연구를 수행하며 다른 국가와의 협력을 통해 정보를 공유하고, 외국의 영향력에 대응하는 국제적 노력을 지원하고 있음
- DARPA는 유럽 및 캐나다와 협력하여 양자 컴퓨터 개발(퀀텀 플래그십), 이스라엘과 협력하여 자율 시스템 및 사이버 보안용 인공 지능 기술 개발(브레인 이니셔티브), 일본과 협력하여 의료 및 국방용 생명공학기술 개발(Biological GUARD) 등을 추진 중임

○ **(국제 과학 및 기술 컨퍼런스 참여)** DARPA는 세계적인 기술 및 과학 컨퍼런스에 참여하여 최신 연구와 아이디어를 공유함으로써 국제적인 연구 네트워크를 확장하고, 글로벌 혁신에 기여하고 있음

○ **(국제적인 파트너십 및 협력)** DARPA는 다양한 나라의 기업, 대학 및 연구 기관과 파트너십을 맺고 협력 프로젝트를 진행하고 있는데, 이러한 협력은 기술 개발, 교육 및 연구 분야에서 이루어지고 있음

○ **(글로벌 협력 프로그램)** DARPA는 국제적인 연구자들이 참여할 수 있는 프로그램을 개발하여 전 세계적인 기술 혁신 및 연구 개발에 기여하고 있음

○ **(국제 기술 교류)** DARPA는 국제 기술 교류 프로그램을 통해 다른 국가와의 기술 공유 및 교류를 촉진하며 이를 통해 글로벌 차원에서 혁신적인 기술을 발전시키고, 국제적인 문제 해결에 기여하고 있음

○ **(공동 연구 및 개발 계약)** DARPA는 다른 나라의 정부 기관이나 연구 기관과 공동 연구 및 개발 계약을 체결하여 국제적인 협력을 강화함

□ **DARPA에서 '국제협력'은 최고 인재 확보, 동맹국 간의 신뢰와 협력 구축, 국가 안보 기술 개발 가속화 측면에서 중요하게 강조되고 있음**

- DARPA는 국제 협력을 통해 전 세계 최고의 인재와 리소스에 액세스할 수 있게 되며, 미국과 동맹국 간의 신뢰와 협력을 구축하는 데 도움이 됨
- 또한, 국가 안보를 보호하는 데 사용할 수 있는 새로운 기술의 개발을 가속화하는 데 도움이 될 수 있음
- DARPA는 안전하고 책임감 있는 방식으로 국제 협업을 수행하기 위해 여러 가지 정책을 시행하고 있음
 - DARPA는 모든 잠재적 국제 파트너에 대해 엄격한 심사 프로세스를 수행하고 있으며 이 프로세스에는 파트너의 보안 승인, 연구 역량, 민감한 정보 보호에 대한 노력에 대한 검토가 포함됨
 - 심사 절차의 일환으로 DARPA는 잠재적 파트너에게 보안 허가, 연구 역량, 민감한 정보 보호에 대한 약속에 대한 정보를 제공하도록 요구할 수 있으며 DARPA는 파트너의 직원에 대한 신원 조사를 수행할 수 있음
 - 또한, DARPA는 민감한 기술의 수출에 대해 엄격한 통제를 시행하고 있는데, 이러한 통제는 민감한 기술이 적대적인 목적으로 사용될 수 있는 국가로 확산되는 것을 방지하기 위해 고안되었음
 - 이러한 민감한 기술의 수출에 대한 DARPA의 엄격한 통제에는 파트너가 기밀 유지 계약에 서명하고 이전되는 모든 민감한 기술에 대해 수출 허가를 받도록 요구하는 것이 포함될 수 있음
 - 나아가, DARPA는 모든 국제 협력에 대해 정기적인 검토를 실시하고 협업이 안전하고 책임감 있는 방식으로 수행되고 있는지 모니터링하고 있음

□ **한편, ARPA-E는 국제적인 협력을 통해 지식 공유, 모범 사례 교환, 에너지 혁신 기회 발굴에 관심을 가지고 있음**

- ARPA-E는 핵심 연구자를 중심으로 다양한 국제 연구 기관, 과학기술 기구 및 기타 관련 기관과의 광범위한 협력을 추구하고 있음
- 이를 통해 모범 사례, 지식 공유, 혁신적인 연구 방향 등을 교환하고 새로운 협력 기회를 발굴하고 있음
- ARPA-E와 NEDO(일본 신에너지 및 산업기술종합개발기구)는 에너지 기술 개발 및 신재생 에너지 솔루션에 관한 연구에서 협력하고 있음

- ARPA-E는 2023년 7월, 일본의 NEDO와 워싱턴 D.C.에서 산업 탈탄소화, 차세대 배터리, 재생에너지 등 주제로 공동 워크숍을 개최하고 공동 이슈를 파악하여 향후 협력가능성을 논의함
- 또한 ARPA-E는 IEA(국제에너지기구)와 협력하여 에너지 효율, 청정 에너지 기술, 기후 변화 대응에 관한 글로벌 이니셔티브를 추진하고 있으며, 이러한 협력은 에너지 정책, 기술 혁신, 국제적인 에너지 문제에 대한 해결책 개발에 초점을 맞추고 있음
- 미션 이노베이션(Mission Innovation)은 글로벌 청정 에너지 혁신을 가속화하는 이니셔티브로, ARPA-E는 이와 같은 국제 협력을 통해 청정 에너지 기술 개발에 기여하고 있음
- ARPA-E는 에너지 기술, 정책 및 금융 분야의 선두주자들이 모여 혁신적인 에너지 기술과 관련된 최신 발전과 도전 과제를 논의하는 행사를 개최하여 에너지 분야의 중요 이슈를 토론하고 글로벌 협력의 가능성을 탐색함
- ARPA-E 서밋에는 정부 기관, 산업계, 학계, 벤처 캐피탈리스트, 기술 개발자, 연구원 등 에너지 분야의 다양한 이해 관계자들이 참여함(그림 3-25)
- 서밋에서는 ARPA-E가 지원하는 혁신적인 에너지 기술들이 전시되며, 이를 통해 새로운 협력 기회가 창출됨
- 전문가들에 의한 키노트 연설, 패널 토론, 기술 발표 등이 서밋에서 진행되며, 이를 통해 참가자들은 에너지 분야의 최신 트렌드와 도전 과제에 대해 논의함
- 서밋은 에너지 분야의 전문가들과 네트워킹을 할 수 있는 중요한 기회를 제공하고 있으며, 이를 통해 새로운 파트너십, 협력 관계, 투자 기회 등이 모색될 수 있음
- 서밋은 국제적인 참가자들을 끌어들이며, 다양한 국가의 에너지 정책과 혁신에 대한 인사이트를 제공함



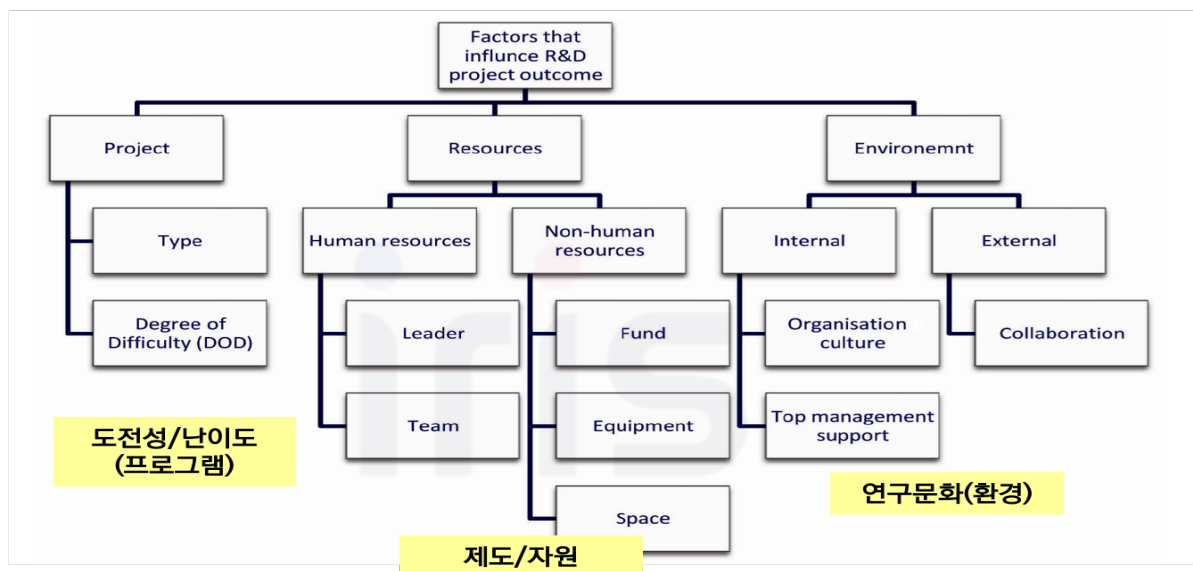
<그림 3-25> ARPA-E 서밋 국제 컨퍼런스 사례(출처: ARPA-E 서밋 홈페이지)

- 영국 ARIA는 정부, 기업, 학술 기관을 포함한 다양한 국제 파트너와 협력하고 있으며, ARIA의 국제협력 전략은 글로벌 과제를 해결할 수 있는 신기술의 개발과 배포를 지원하기 위해 고안되었음
- ARIA의 주요 국제 협력 전략 중 하나는 국제 파트너와의 공동 연구 프로젝트에 자금을 지원하는 것임
 - 예를 들어, ARIA는 농업에서 온실가스 배출을 줄이는 새로운 방법을 개발하기 위해 미국 정부와의 공동 연구 프로젝트에 자금을 지원할 예정이며, 이 프로젝트는 영국과 미국의 과학자들로 구성된 팀이 주도하고 있음
 - ARIA는 유럽연합 집행위원회와 협력하여 인공 지능에 관한 새로운 연구 프로그램을 개발하고 있으며, ARIA는 일본 정부와 제조 및 건설에 사용되는 신소재 및 기술에 관한 공동 워크숍을 주최하고 있음
 - ARIA는 주요 기술 컨퍼런스에 참석하기 위해 과학자 및 기업가 대표단을 미국으로 파견하기도 하였음
- ARIA는 또한 국제 자문 네트워크를 통해 국제협력을 촉진하기 위해 노력하고 있는 것으로 조사됨
 - ARIA의 국제 자문위원은 각 분야의 전문가로서 ARIA의 국제 전략과 연구 우선순위에 대한 조언을 제공함
 - 또한 ARIA는 이벤트와 프로그램을 통해 국제 협력을 촉진하는데, 예를 들어 전 세계의 과학자와 기업가들이 모여 고위험-고수익 연구의 최신 동향을 논의하는 연례 국제 컨퍼런스를 주최함
- ARIA의 국제 협업 전략은 인재 확보 및 인프라 확대, 글로벌 영향력 확대 등의 측면에서 다양한 이점이 있음
 - ARIA는 국제 파트너와 협력함으로써 더 많은 재능 있는 과학자 및 기업가 풀에 접근할 수 있으며, 이를 통해 글로벌 과제를 보다 빠르고 효과적으로 해결할 수 있는 새로운 기술 개발을 지원할 수 있음
 - 국제 파트너와 협력함으로써 ARIA는 자금 및 인프라와 같은 새로운 자원에 접근할 수 있으며, 이를 통해 더 광범위한 연구 프로젝트를 지원하고 새로운 기술 개발을 가속화할 수 있게 됨
 - 국제 파트너와 협력함으로써 ARIA는 지원하는 기술이 전 세계에 영향을 미칠 수 있도록 도울 수 있으며, 이는 기후 변화와 질병과 같은 세계의 가장 큰 도전 과제 중 상당수가 글로벌 솔루션이 필요한 글로벌 문제이기 때문에 중요함

3.4 한국형 도전·혁신 R&D 모델 제안

- 앞서 조사 및 분석한 내용을 바탕으로 한국형 도전·혁신 R&D 모델을 제안하고자 함
 - 한국형 도전·혁신 R&D 모델을 구성하는 데 있어서 프로그램, 제도, 문화라는 3가지 핵심 요소를 중심으로 설정하고자 함
 - 구성 요소의 하위 세부 요인을 앞서 분석한 DARPA, ARPA-E, ARPA-H, ARIA, SPRIND 등의 선진 R&D 모델을 벤치마킹하여 제시하고자 함
 - 이러한 접근 방식은 각 요소의 상세한 분석과 국내 적용 가능성에 대한 고려를 통해, 효과적인 R&D 전략과 정책을 수립할 수 있을 것으로 사료됨
 - (통합적 접근) 프로그램, 제도, 문화라는 3가지 요소는 R&D의 다양한 측면을 포괄하며, 이들 각각은 연구개발의 성공에 중요한 역할을 하고 서로 상호작용하며 R&D 환경을 형성함
 - (벤치마킹의 효과) 선진 R&D 모델에서 검증된 전략과 방법론을 벤치마킹함으로써, 검증된 성공 사례를 기반으로 한 효과적인 모델을 구축할 수 있으며, 이러한 모델들은 다양한 환경과 조건에서 혁신적인 연구개발을 성공적으로 수행한 경험이 있어 현실에 적용 가능한 통찰을 제공함
 - (하위 세부 요인의 중요성) 각 핵심 요소의 세부 요인을 명확히 함으로써, 모델의 구체적인 실행 방안을 제시할 수 있으며, 세부 요인들은 각각의 영역에서 구체적인 목표와 전략을 수립하는 데 도움이 됨
 - (국내 환경에의 적용 가능성) 국제적인 선진 R&D 모델을 참고하지만, 한국의 특성과 현실을 고려하여 이를 적용하는 것이 중요하기 때문에 한국의 사회적, 경제적, 문화적 맥락에 맞게 조정되고 적용되어야 할 것임
- 먼저, 한국형 도전·혁신 R&D 모델의 구성요소를 프로그램, 제도, 문화의 3가지로 설정함
 - 국가 R&D 프로젝트의 결과에 영향을 미치는 주요 요인으로는 프로그램, 제도 및 자원, 환경(문화)을 들 수 있음(Nagesh and Thomas, 2015)(그림 3-26)
 - 이러한 세 요소 간의 조화와 입체적 접근(Triple Helix)은 프로젝트의 성공을 위해 필수적인 것으로 논의되고 있음
 - 프로그램은 R&D 과제의 내용, 목표, 방향성을 결정하며, 이는 혁신적이고 도전적인 아이디어를 실현하는 데 필수적인 역할을 함

- 성공적인 R&D 프로젝트는 명확한 목표와 구체적인 계획을 통해 차별화된 결과를 낳는 경향이 있음(Chiesa and Frattini, 2007).
- 제도 및 자원은 연구개발에 필요한 자원의 배분 및 관리 체계를 제공하며, 정책 및 재정적 지원을 통해 연구환경을 조성하고 연구자의 역량을 강화하는 것이 중요함
- 효율적인 자원 배분과 강력한 제도적 지원은 연구개발의 질과 범위를 향상시키는 데 중요한 역할을 함(Heikkila and Gerlak, 2005)
- 성공적인 프로젝트를 위해 연구자의 창의성과 협력을 촉진하는 연구 환경을 조성하고 개방적이고 협력적인 연구 문화는 지식의 교류와 혁신을 촉진하는 것이 중요함
- 건강한 연구문화는 연구자의 창의성과 생산성을 증가시키며, 연구 결과의 품질에 긍정적인 영향을 미침(Moran et al, 2020)



<그림 3-26> 국가 R&D 프로젝트 결과에 영향을 미치는 요인(Nagesh and Thomas, 2015)

□ DARPA, ARPA-E, ARPA-H, ARIA, SPRIND 등의 선진 R&D 모델을 벤치마킹한 내용을 중심으로 프로그램, 제도 및 자원, 연구 환경의 세 가지 측면에서 하위 요인을 구체화함

○ (프로그램) 프로그램 차원에서는 도전적이고 혁신적인 R&D 프로젝트의 기획 및 실행이 중요함

- (도전적 목표 설정) 연구자들에게 동기를 부여하고, 기존의 경계를 넘어서는 혁신적인 결과를 추구하기 위해서는 연구개발 프로젝트에 대한 높은 기준과 야심찬 목표를 설정하는 것이 중요함
- (R&D 기획/관리 고도화) 연구개발의 기획 및 관리 과정을 체계적이고 효율적으로 진행하는 것은 프로젝트의 성공률을 높이고, 자원의 효율적 사용을 보장할 수 있음

○ **(제도)** 제도적 차원에서는 정책·제도적 유연성과 혁신적 성과 창출을 위한 인프라 자원 및 제도적 지원이 중요함

- **(제도적 유연성)** 연구자들이 빠르게 변화하는 기술 환경에 적응하고, 새로운 기회에 민첩하게 대응할 수 있게 하기 때문에, 혁신적인 연구를 장려하고, 창의적인 아이디어를 실험하는 데 필수적인 조건임
- **(혁신적 성과 평가 및 확산)** 연구의 성과를 적절히 평가하고 이를 널리 확산시키는 것은 지식의 전파와 기술 이전을 촉진할 수 있으며, 이는 연구의 사회적, 경제적 영향을 높이고, 연구개발의 가치를 극대화하는 데 중요함

○ **(문화)** 문화적 차원에서는 창의적 연구문화 조성 및 협력과 소통의 증진이 중요한 요소임

- **(다학제적 협력)** 다양한 분야의 전문가들이 협력함으로써, 보다 포괄적이고 혁신적인 해결책을 도출할 수 있으며, 이는 복잡한 문제를 해결하는 데 있어서 다각도의 접근을 가능하게 함
- **(위험 감수와 실패 수용)** 실패를 수용하고 여기서 배우는 문화는 연구자들이 두려움 없이 새로운 아이디어를 시도하게 만들며, 이는 장기적으로 더 큰 성공을 이룰 수 있는 토대를 마련할 수 있음
- **(혁신 중심 조직 문화)** 조직 내에서 혁신을 중시하는 문화는 연구자들이 계속해서 새롭고 창의적인 아이디어를 탐구하도록 장려하며, 이는 연구개발의 질적 성장을 촉진하고, 연구 현장 전체의 성과 향상에 기여할 수 있음

□ 이를 바탕으로 앞서 제시한 필수 요소들을 구현하기 위한 향후 과제 및 정책 방향을 도출함

○ **(책임 PM 중심의 기획·관리 시스템 구축)** PM의 역할과 권한을 명확히 하고, 책임감 있는 결정을 위한 교육과 지원을 제공해야 함

- 이러한 전략은 효과적인 R&D 기획 및 관리를 위해 중요하며, 책임감 있는 PM이 프로젝트의 전반적인 방향성과 목표를 설정하고, 자원을 관리하는 역할을 함으로써, 프로젝트의 성공률을 높이고 효율성을 증대시킬 수 있음

○ **(자율성과 유연성을 갖춘 연구개발 환경 조성)** 연구개발 프로세스에서의 자율성과 유연성을 보장하는 정책을 마련해야 하며, 제도적 지원은 혁신적 아이디어를 시험해 볼 수 있는 실험적 공간을 제공할 수 있어야 함

- 연구자들이 창의적이고 혁신적인 연구를 수행할 수 있도록 자율성과 유연성을 제공하는 것은 연구개발의 질과 범위를 확장하는 데 중요함

- 이는 연구자들이 새로운 아이디어를 자유롭게 탐색하고 실험할 수 있는 환경을 조성함으로써, 혁신적인 연구 결과를 도출하는 데 기여함
- **(글로벌 협력 촉진 및 연구성과의 파급력 확보)** 국제 협력 프로그램을 활성화하고 연구 결과의 글로벌 시장 진입을 지원해야 하며, 연구 성과의 글로벌 인지도를 높이기 위한 전략을 수립해야 함
 - 국제적인 연구 네트워크 구축, 지식 교류 및 협력을 통해 국제적인 협력과 연구 성과의 널리 확산시키는 것은 연구개발의 글로벌 영향력을 높이고, 다양한 분야와 지역에 걸쳐 혁신을 촉진할 수 있음
- **(지속가능한 혁신 생태계 조성)** 창의적이고 지속 가능한 혁신 생태계를 위한 인프라와 정책을 구축해야 하며, 산업계, 학계, 연구 기관 간의 협력을 강화하여 지식과 기술의 상호 교류를 촉진할 수 있도록 장기적인 관점에서의 과학기술정책 마련이 요구됨
 - 지속가능한 혁신 생태계의 조성은 연구개발의 지속성과 장기적인 성공을 위해 필수적이라고 할 수 있음
 - 이는 실패를 수용하고 이로부터 배우는 문화를 조성하며, 다양한 분야의 전문가들 간의 협력을 통해 복잡한 문제를 해결하는 데 필요한 다각도의 접근을 가능하게 함

〈표 3-20〉 한국형 도전·혁신 R&D 모델

구성요소	핵심 요소	실행방안 및 정책과제	
프로그램	도전적인 목표 설정	① PM 중심의 기획-관리 시스템 구축	④ 지속 가능한 혁신 생태계 조성
	R&D 기획/관리 고도화		
제도	제도적 유연성	② 글로벌 협력 촉진 및 연구성과의 파급력 확보	
	혁신적 성과 평가 및 확산		
문화	다학제적 협력	③ 자율성과 유연성을 갖춘 창의적 연구개발 환경 조성	
	위험감수와 실패 수용		
	혁신 중심 조직 문화		

- 한국의 연구개발 환경은 비교적 보수적이며, 실패에 대한 용인도가 낮고, 연구개발 지원이 성과 중심으로 운영되는 경향이 있어 이러한 환경에서 DARPA와 같은 모델을 도입하기 위해서는 문화적 및 제도적 변화가 선행되어야 함

4.1 책임 PM 중심의 기획·관리 시스템 구축 방안

1) 책임 PM의 역할과 기능 정립

- 도전·혁신 R&D 프로젝트의 성공적인 수행을 위한 핵심 요소는 우수한 책임 PM을 선정하는 것임
- 책임 PM 중심의 연구 기획·관리는 ① 독립적이고 자율적인 연구추진으로 신속한 의사결정, ② 변혁적(Transformative) 연구개발 추구, ③ 연구추진 과정에 있어서 유연하고 융통성 있는 연구 수행, ④ 다수의 연구프로젝트가 있을 경우 종합적이고 효율적인 연구추진, ⑤ 연구과정에서 리스크(risk)를 최소화 등을 기대할 수 있음

〈표 4-1〉 책임 PM 제도의 장점

- ① 연구기획, 평가(선정, 중간, 최종), 연구수행 및 연구목표에 대한 일관성 있는 추진체계 작동
- ② 책임 PM의 주도하에 적극적인 과제 관리 가능
- ③ 연구의 독립성 강화에 따라 혁신·도전적 연구과제 추진
- ④ 연구목적 달성을 위한 적극적인 연구추진 동기부여 작동
- ⑤ 자율성·창의성 확대에 따른 변혁적 연구관리 체계 추진
- ⑥ 연구주제 선정, 평가체계, 연구관리 체계 등 연구추진체계 전반에 걸쳐 새로운 창의적·혁신적·변혁적인 구조를 창조할 수 있음

- 책임 PM은 해당 분야에서 최고 수준의 연구자로서, 다학제적 및 융합적 연구에 대한 풍부한 이해를 바탕으로 도전·혁신적 과제를 도출 및 선도할 수 있는 연구자이자 R&D 전주기에 대한 컨설턴트 역량을 구비한 전문가이어야 함²³⁾
- 책임 PM은 프로젝트의 전략적 방향을 제시하고, 효과적인 자원 관리, 팀 리더십, 의사결정 및 문제 해결 능력을 통해 프로젝트의 목표를 달성하는 데 결정적인 역할을 할 수 있어야 함
- 책임 PM은 '합리적인 위험 감수자'로서 장애물이나 반대에도 불구하고 목표 달성을 위해 합리적인 위험을 감수하며, 필요한 경우 기술 격차를 고려하고 잠재적인 문제를 완화하기 위한 계획을 수립해야 함

23) 3.2장 분석결과를 바탕으로 도출한 **도전·혁신 R&D PM 자격요건**(안): (1)분야 전문성 다양한 학문적 배경, (2)박사학위 및 관련 경험, (3)풍부한 연구경험, (4)리더십과 혁신 경험, (5)수상 경력, (6)학제간 협력적 접근 전략 및 경험, (7)멘토링 및 교육에 대한 헌신, (8)첨단 기술분야 활동 경험 등

- 책임 PM은 깊은 전문성과 함께, 장애물이나 반대에도 굴하지 않는 강력한 추진력을 갖추고, 지속적인 목표 추구를 위해 끊임없이 노력해야 하며, 항상 호기심을 가지고 "왜?"와 "만약에?"라는 질문을 던지며, 다양한 분야와의 협력을 통해 혁신적인 아이디어를 창출해야 하고 엄격하고 증거에 기반한 사고방식으로 연구를 진행해야 함
- 실패에 대한 두려움 없이 대담한 아이디어를 제시하고, 건설적인 비판을 수용해야 하며 다양한 전문 지식과 리소스를 활용하며, 연구와 상용화를 연결하는 강력한 네트워크를 구축하고 있어야 함
- **(역할)** PM은 전략적 방향 설정, 자원 관리, 프로젝트 실행 및 관리, 팀 리더십 및 관리, 위험관리, 이해관계자와의 소통 등의 역할을 수행해야 함
 - 프로젝트의 장기적인 목표와 전략을 설정하고 혁신적이고 도전적인 목표를 정의하여 프로젝트의 방향을 제시해야 함
 - 프로젝트에 필요한 자원(인력, 자금, 기술 등)을 효과적으로 할당하고 관리해야 하며, 예산 배정 및 관리를 포함하여 프로젝트의 재정적 측면을 감독해야 함
 - 프로젝트의 일정, 범위, 품질을 관리하며, 목표 달성을 위한 구체적인 계획을 수립한 후 프로젝트의 진행 상황을 모니터링하고 필요한 조정을 수행해야 함
 - 연구개발 프로젝트를 지원할 전문 카운터파트 팀을 구성하고, 팀원들의 역할과 책임을 명확히 한 후 팀 내 의사소통을 촉진하고 협업을 강화해야 함
 - 프로젝트의 위험을 식별하고 분석하여 이에 대한 대응 전략을 수립하고 위험 감소 및 관리 방안을 실행해야 함
 - 프로젝트의 진행 상황과 결과를 이해관계자들에게 정기적으로 보고하고 이해관계자의 기대와 요구를 반영하여 프로젝트 방향을 조정해야 함
- **(기능)** PM은 의사결정 및 우선순위 설정, 성과 평가 및 피드백, 문제 해결, 네트워킹 및 협력 강화를 위해 전략적 기능을 수행하여야 함
 - 프로젝트에 관한 중요한 결정을 내리고 우선순위를 정하고 프로젝트의 목표와 일치하는 방향으로 의사결정을 진행하는 기능을 함(그림 4-1)
 - 프로젝트의 성과를 정기적으로 평가하고, 피드백을 제공하며 프로젝트의 성과를 기반으로 개선점을 도출하고 실행하는 기능을 함
 - 프로젝트 진행 중 발생하는 문제를 식별하고 해결 방안을 모색하며, 창의적이고 실질적인 해결책을 제시하고 실행함
 - 다른 연구자, 팀, 기관과의 네트워크를 구축하고 협력 관계를 발전시키며, 필요한 경우 외부 전문가나 자원을 활용하여 프로젝트의 성공을 지원하는 기능을 함

문제정의 및 한계	접근 방식 및 임팩트	프로젝트 운영
-(명확한 도전목표) 한계도전 프로젝트의 목표를 달성할 수 있도록 연구단과 과제의 도전적 특성, 명확한 비전/목표를 공유. 기술적 위험, 연구 비용 초과, 지연, 안전, 규제문제 등 현재 접근방식을 계속적으로 재평가 -(한계도전프로젝트 개념) 연구 팀원, 연구재단, 규제 기관, 과학기술계 이해관계자들에게 프로젝트의 특성과 한계도전 개념을 효과적으로 전달 -(기술격차 극복전략) 글로벌 초융합 연구 발전 현황, 선진국 기술과 격차 및 한계점을 파악하고, DARPA의 Heilmeyer 질문 기준을 한국형으로 적용하여 과제 선정	-(현재 한계 인식 및 도전적 실패 시도) 현재 한계를 명확히 정의하고 극복하기 위한 혁신적인 해법(breakthrough) 모색과 도전적 실패를 장려하고 연구의 가속화 유도 -(고위험/불확실성 관리전략개발) 새로운 첨단연구에 내재된 높은 위험과 불확실성의 관리 전략을 개발하고 접근방식의 다양화, 엄격한 테스트, 실패로부터 배우는 연구문화 조성 -(연구성과의 집단지성 컨설팅) 연구단과 허심탄화한 소통(글로벌 경쟁자 동향 업데이트, 최신 자료 공유 등)으로 자연스럽게 연구 성과를 정기적으로 소그룹 컨설팅 방식으로 토의 -(새로운 돌파형 연구결과 발굴) 기후 에너지 분야에서 새로운 돌파형 연구결과 발견 시, 프로젝트의 더 넓은 맥락에서의 글로벌 동향 변화에 따라 연구계획을 함께 조정하고 임팩트 확산 전략을 수립 및 수행	-(마일스톤 진도관리 강화) 프로젝트의 마일스톤을 명확하고 측정 가능하게 연구단과 함께 정의함. 마일스톤에 대한 진행상황을 추적하는 시스템 구현 및 실행 -(체계적인 리스크 관리 시스템 구축) 선진형 연구관리 체계를 구축하고, 책임PM 중심의 체계적인 리스크 관리시스템을 구축하고 수행 -(성과중심 평가체계 운영) 한계도전적 연구 중간 결과물로서 실패 데이터와 과정상 산출물을 추적하고, 책임PM이 정기적으로 연구결과와 애로사항을 공유함으로써 성과중심 평가체계와 High Return 성과 창출 유도 -(Best Practice 공유 활성화) 책임PM들은 주간회의를 개최하여 과제의 진행 상황을 공유하고 서로를 신뢰하며 문제 해결과 목표에 대한 공통 이해를 유지, PM 소통 Tool을 활용하여 프로젝트 관리의 신속성·체계성·효율성 증진

<그림 4-1> 도전·혁신 R&D 책임 PM의 역할과 기능의 요약

- PM 중심의 기획 및 관리 시스템이 효과적으로 작동하고, 연구 과제가 성공적으로 진행되는 데 필수적인 요소는 다음과 같이 요약됨
- (책임 PM의 독립성과 자율성) 책임 PM에게 과제 선정, 팀 구성, 예산 배분 등에 대한 자율적 결정권을 부여하고, 과제 추진 과정에서 유연성을 갖고, 변경사항에 빠르게 대응할 수 있는 체계를 구축하며 책임 PM의 독립적인 의사결정을 지원하기 위한 조언 및 자문 시스템을 마련해야 함
 - PM 선발 과정에서 전문성 및 리더십을 평가하는 기준을 강화하고, 관료적 절차에 얽매이지 않고 자율적으로 사업을 추진할 수 있도록 권한을 부여
 - (책임 PM의 명확한 연구목표 의식과 연구조직 장악 여부) PM은 프로젝트의 목표와 방향성을 명확히 설정하고 이를 조직에 전달해야 하며, 조직 내에서 책임 PM이 중요한 리더십 역할을 수행하고 팀원들의 동기 부여와 업무 조정을 담당해야 함
 - (책임 PM과 참여 연구자 간의 자유로운 의사소통) 프로젝트 내에서 개방적이고 자유로운 의사소통 문화를 장려해야 하며, 효과적인 커뮤니케이션을 위한 다양한 채널과 플랫폼을 구축하고 정기적인 미팅을 통해 진행 상황을 공유하고, 상호 피드백을 제공하도록 해야 함

2) PM의 책임감 있는 결정을 위한 교육과 지원

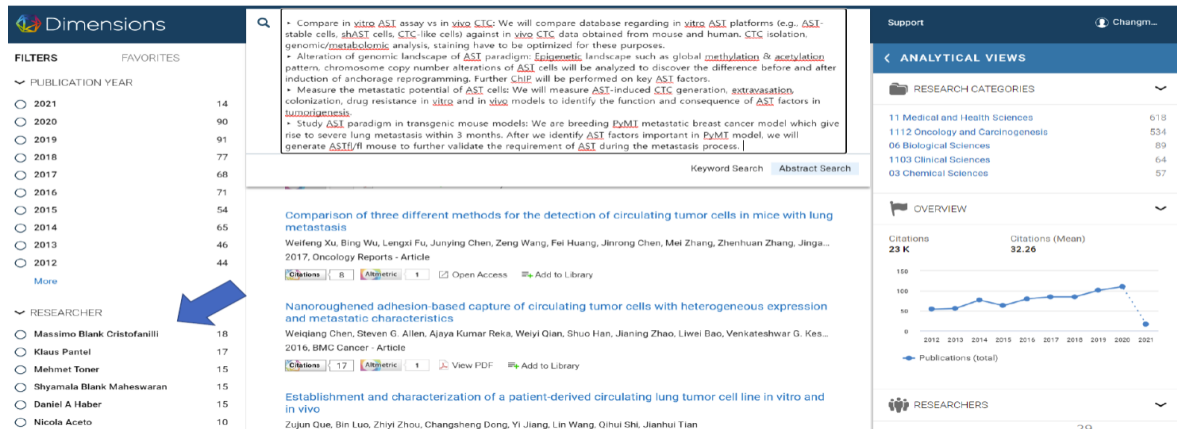
- (PM 활동 지원 방안) 책임 PM들이 서로 협력하고 정보를 공유할 수 있도록 네트워크를 확장하고 활성화하는 것이 중요하기 때문에, 공식적인 회의나 워크숍, 라인 네트워킹 플랫폼 구축을 고려할 수 있음
- 국내에서 이와 같은 PM 중심의 접근 방식을 도입하려면, 관련 전문성과 리더십을 갖춘 인력의 확보와 교육이 무엇보다 중요하며, 프로젝트 매니저에게 충분한 권한과 자원을 제공할 필요가 있음
- 주기적으로 열리는 네트워킹 이벤트나 워크숍을 통해 책임PM들이 서로의 연구 결과와 기획/관리 혁신 사례들을 공유하고 협력 기회를 찾을 수 있게 하는 것이 중요함
- 경험 많은 PM들을 멘토로 선정하여 신규 또는 경험이 적은 PM들에게 지식 및 경험을 전달하는 프로그램을 운영할 수도 있음
- 책임PM들이 전문가들과의 네트워크를 구축하고 최신 연구 동향을 파악할 수 있도록 국내외 학회나 컨퍼런스 참가를 지원하여야 함
- 책임PM들이 자유롭게 정보를 공유하고 토론할 수 있는 온라인 플랫폼을 제공하여 네트워크를 확장하고 정보 교류를 촉진할 수 있도록 지원
- 여러 프로젝트가 상호 협력하고 지식을 교환할 수 있도록 플랫폼을 제공하고, 이를 통해 새로운 아이디어와 혁신을 촉진할 수 있도록 해야 함
- PM들이 정기적으로 모여 서로의 프로젝트 진행 상황을 공유하고, 협업 기회를 모색할 수 있도록 온·오프라인 교류의 장을 조성해야 함
- (내부 커뮤니케이션 플랫폼 도입) 디지털 커뮤니케이션 도구를 활용해 PM들 사이의 실시간 소통을 지원하며 프로젝트 관련 문서, 연구 결과, 경험 등을 공유할 수 있는 내부 지식 공유 시스템을 구축
- (네트워킹 기회 제공) PM들이 서로를 더 잘 알고 네트워킹할 수 있는 추진단 내 이벤트를 정기적으로 주최, PM들이 산업계, 학계, 연구소, 정부 기관과 연결되도록 네트워킹 이벤트나 컨퍼런스 참여를 지원
- (멘토링 및 리더십 개발) PM들에게 경험 많은 선배 PM이나 전문가를 멘토로 연결해주어 경험과 지식을 공유할 수 있도록 하며 PM들의 리더십과 팀 관리 능력을 개발하기 위한 교육 프로그램을 제공
- (문화 및 환경 조성) 팀 간 협업과 혁신을 장려하는 조직 문화를 조성, PM들이 새로운 아이디어를 자유롭게 제시하고 실험할 수 있는 분위기를 유지

- **(PM 책임성 강화)** PM의 책임 영역을 명확히 정의하고, 그들의 역할과 기대되는 결과를 구체적으로 명시한 후 PM의 활동을 모니터링함으로써 PM의 책임성 강화와 적극적 활동을 담보해야 함
- **(책임성과 권한)** PM에게는 프로젝트의 방향성 설정과 자원 배분에 대한 상당한 자율성을 부여하되 자율성에 대한 책임을 강조해야 함
 - **(자율성과 책임의 균형)** PM들이 의사결정의 결과에 대해 책임을 명확히 정의하고 PM의 활동도 프로젝트의 목표와 연관된 성과 지표를 설정하여 PM의 의사결정이 목표 달성에 어떻게 기여하는지 정기적으로 모니터링 및 평가해야 함
 - **(인센티브 및 보상)** 목표 달성에 따른 인센티브 체계를 도입하여 우수한 성과를 낸 PM에게 보상을 제공해야 하며, 개별적인 성과뿐만 아니라 팀 성과에 대해서도 인정하고 보상하는 시스템을 구축해야 함
 - **(PM의 전략적 의사결정 지원)** PM이 정보에 기반한 의사결정을 내릴 수 있도록 데이터 분석 도구, 시장 조사 리포트 등을 제공, 자문 및 멘토링을 통해 의사결정 과정에서 지원을 제공
 - **(책임감 있는 의사결정 문화 조성)** PM이 내린 결정과 그 근거를 투명하게 공유하도록 하고 의사결정의 결과가 예상과 다른 경우, 이를 학습의 기회로 삼고 개선 방안을 모색할 수 있도록 지원
 - **(리스크 관리 및 지원)** 프로젝트의 리스크를 관리하기 위한 명확한 프로토콜과 지침을 제공하고 문제가 발생했을 때 필요한 지원을 제공하여 PM이 책임감 있게 대처할 수 있도록 함
- **(견제장치)** 책임PM의 모든 주요 결정사항은 투명하게 기록, 한계도전 전략센터장(DARPA의 Office PM Director 역할)이 분기별로 책임PM의 성과(Performance Review)에 대한 평가와 상담을 하고 서면으로 기록하며, 필요한 경우 이해관계자에게 공개하도록 권장됨
 - **(활동 성과 평가 및 모니터링)** PM의 목표 달성도에 따른 정기적인 성과 평가 체계를 마련하고 정기적인 피드백을 통해 PM들이 자신의 역할과 성과를 개선할 수 있는 기회를 제공해야 함
- ※ (360도 다면평가) 평가의 중점은 책임PM의 연구팀/프로젝트 관리 능력, 협력 촉진 능력, 혁신적 아이디어 발굴 및 촉진 노력, 위험 관리 능력 등이며, 이해관계자, 외부 전문가 등 다양한 관점에서 PM의 성과와 리더십 능력을 반기별로 평가하고 필요시 공유함

3) 도전적 문제 발굴 및 혁신적인 R&D 과제 기획

- 기획 작업은 공식적인 기획프로세스가 시작된 이후의 작업이 아니라 평소 다양한 네트워크와 각종 간담회, 연구현장 방문 등을 통해 책임PM이 끊임없이 아이디어를 발굴하고 가능성을 확인하고 추진 전략을 고민해 나간다는 발상의 전환이 필요함
- PM은 연구자들과의 직접 만남(현장 방문) 등을 통해 최신 정보 및 새로운 연구기회를 파악하고, 컨퍼런스 및 워크숍 등을 수시로 개최하는 등의 활동을 통해 이해관계자의 제안 또는 아이디어를 적극적으로 검토
- PM은 도출된 아이디어를 바탕으로 명확한 비전과 달성하고자 하는 목표를 설정(단순한 연장선상의 기술 발전이 아닌 혁신적이고, 종종 위험 부담이 큰 문샷형 목표를 설정)
- 변화하는 기술, 시장, 경쟁 환경 하에서 차별화된 기술의 발굴과 접근전략이 더욱 어려워지는 상황으로 책임PM은 1)기술적인 도전과제 식별, 2)혁신적 돌파형 아이디어 유도, 3)선진 기술 추적(ARPA-E, NSF, DARPA, UKRI 펀딩 리스트와 RFP) 등의 역할을 수행해야 함
- 주요 기관들(각종 학회, 대학연구소, 출연연 등)이 제안하는 기술 수요는 기획단계에서 큰 의미를 가지는데, 연구현장의 숨은 진주를 발굴하기 위한 책임PM의 다원적이고 능동적인 노력이 요구됨
- 또한, R&D 기획 과정에 Digital Science의 Dimensions와 같은 빅데이터 및 AI 등을 적극 활용하여 기회 포착, 지식지도, 글로벌 경쟁그룹의 연구 진척 성과 및 아이디어 관련 정보를 전략적으로 분석하여 연구자에게 과감한 목표설정을 하도록 유도하여야 함(그림 4-2)
- Nature사의 Dimensions 빅데이터 활용과 R&D 디지털화로 연구주제와 관련이 높은 문헌을 머신러닝 기반으로 초기에 빠르게 탐색할 수 있게 되면서, 연구과제의 성공 가능성이 큰 폭으로 향상될 수 있음(DARPA, NIH, ARPA-H 사례)
- 인공지능과 빅데이터 분석툴은 Domain Knowledge에 대한 지식이 없어도 해당 Domain에 쉽게 접근할 수 있도록 지원되므로 기존 Domain 전문역량과 디지털 역량간 융합을 통해 다양한 분야에서 새로운 혁신이 일어나며 서로 다른 Domain 간 즉 학제간 융합도 빠르게 촉진될 수 있음
- 기존 R&D 관리가 효과적인 R&D 수행 관리에 집중하였다면 디지털 R&D는 R&D 초기 Framework 설정에 집중할 수 있음

- 기존의 R&D 체계에서는 물리적인 실험 구성과 수많은 실험에 가장 많은 시간과 자본이 소요되었기 때문에 자연스럽게 R&D 실행 단계의 관리에 집중하였다면, 디지털 R&D는 초기에 문헌 탐색을 통해 시행착오를 줄이고 문제 해결을 위한 새로운 아이디어를 다양한 소스를 통해 탐색할 수 있기 때문에 초기 연구 Framework을 올바르게 설정할 수 있으며 이는 연구 성과와 직결되어 R&D 수행 기간을 대폭 줄일 수 있기 때문에 한국형 R&D 관리를 R&D 초기 Framework 설정 단계에 집중하는 것이 바람직함(그림 참고: Dimensions 사례)



<그림 4-2> Nature Dimensions AI 활용 빅데이터 분석 예시

- ※ 국내 전문가 데이터베이스와 해외 전문가 저문위원 네트워크를 구축하여 한계도전 연구자와 연계
 - ※ Dimensions(논문/특허/펀딩 주제) 빅데이터 분석으로 연구주제의 글로벌 랭킹, 경쟁 연구 그룹, 글로벌 최우수 연구자 정보 등을 연구단과 공유하여 협력·경쟁 유도
 - ※ 연구책임자의 연구 몰입도 가능성 검토(연구수행 실적과 현재 진행중인 과제 분석)
 - ※ 연구 효율성 증대를 위해 연구자에 대한 다면 평가 검토(학문 트렌드, 한국 언론에 발표된 기사, 국내 연구과제 중복성 등)
- 빠르게 변화하는 과학기술분야의 요구사항과 도전적인 환경에 능동적으로 대응할 수 있는 유연성과 반응성을 기반으로 PM 주도하에 문제를 정의하고 연구자와 소통하여 기획하는 방식을 체계화할 수 있도록 명확한 기획 프레임워크를 개발해야 함
- (도전적 문제에 대한 상세 기획) 각 도전적 문제에 대해 전문가 팀(문제별 태스크포스)을 구성하여 심층적인 분석과 기획을 진행하고 각 문제에 대한 해결책의 혁신성과 창의성을 평가하여, 기존 접근법을 넘어서는 새로운 아이디어를 도출할 수 있도록 장려
 - (실행 가능성 및 영향력 평가) 각 과제의 리스크를 분석하고 이에 대한 관리 계획을 수립하며, 이해관계자들로부터의 지속적인 피드백을 받아

과제의 방향성을 조정할 수 있는 피드백 루프를 설계

- (우선순위 결정 메트릭스 개발) 각 과제를 다차원적 평가 모델을 통해 평가하여, 가장 영향력 있는 과제들을 선정, 시장 및 기술 동향, 이해관계자의 요구 변화 등에 따라 우선순위를 동적으로 조정, 도전적 문제 발굴 기준을 기반으로 한 우선순위 결정

4) 도전·혁신 R&D 관리의 원칙과 방향: 유연성과 애자일(Agile)

- 책임 PM의 도전적 R&D 과제 관리는 혁신적 사고, 명확한 목표 설정, 리스크 관리, 효율적 자원 및 팀 관리, 원활한 의사소통, 지속적 모니터링 및 평가, 학습과 개선을 중심으로 이루어져야 함
- (애자일한 과제 관리) 과제 관리에 애자일 방법론을 채택하여 변화에 신속하게 대응하고, 반복적이고 점진적인 접근을 통해 과제를 진행하며, 짧은 시간 간격(예: 2주 혹은 1개월)의 스프린트를 설정하여 빠른 피드백과 지속적인 개선을 촉진, 고정된 계획에 얽매이지 않고, 상황 변화에 따라 계획을 적응적으로 조정
- (혁신적 사고 및 창의적 접근) 새롭고 혁신적인 아이디어를 적극적으로 탐색하고 채택, 전통적인 방식에서 벗어나 창의적인 해결책을 모색해야 함
- (명확한 비전과 목표 설정) 과제의 최종 목표와 비전을 명확하게 정의하고 이를 팀에 전달해야 하며, 장기 목표를 달성하기 위한 단계별, 구체적인 목표를 설정해야 함
- (리스크 관리 및 대응 전략) 과제의 잠재적 위험을 식별하고 평가하고, 위험 발생 시 신속하고 유연하게 대응할 수 있는 계획을 수립해야 함
- (자원 관리 및 최적화) 필요한 자원을 효율적으로 배분하고 관리하되, 제한된 자원 내에서 최대의 효과를 낼 수 있도록 자원을 최적화해야 함
- (의사소통 및 협업 촉진) 팀 내 및 연구진과의 의사소통을 원활하게 하고 다른 연구팀, 기관, 산업체와의 협력 네트워크를 구축해야 함
- (지속적인 모니터링 및 평가) 프로젝트의 진행 상황을 정기적으로 검토하고 평가해야 하며, 달성한 성과를 바탕으로 프로젝트의 효과를 평가함
- (학습 및 개선) 실패와 성공 모두에서 학습하고, 이를 개선에 활용해야 하며 새로운 기술, 방법론, 프로세스를 도입하여 지속적으로 개선함

4.2 자율성과 유연성을 갖춘 연구개발 환경 조성 방향

1) 도전을 촉진하며, 신뢰할 수 있는 선정평가

- 선정평가 기준 및 방식 등이 제안된 책임 PM의 세부 기획안을 중심으로 평가하되, 충분한 평가 기간을 확보한 후 심층평가를 실시하여 평가 전문성 제고
- 연구개발계획서에 글로벌 최고 수준 연구와의 비교 내용을 포함하도록 하고 평가자가 이를 참고하여 목표의 도전성에 대해 심층 평가를 진행하고 리뷰페이퍼를 작성하도록 할 필요가 있음
- 선정평가 과정을 다단계 프로세스로 정교화(서면평가, 빅데이터 분석 및 다면평가, 토론평가)하고, 필요시 연구현장 점검을 통해 연구계획에 대한 타당성을 평가할 수 있도록 하여야 함
- 국내외 전문가에 의한 심층토론평가를 기본으로 하되, 과제별 핵심 목표와 가치지향에 따라 자유토론평가, 라운드테이블 방식 등을 활용하며 기존 R&D 평가 시스템과는 다른 탐색적 시도를 적극 도입
- (전문가 평가단 구성) 해당 분야의 국내외 저명한 전문가들을 평가단에 포함시켜 전문 지식과 경험을 기반으로 한 평가를 진행
- (평가자 교육) 평가단을 대상으로 정기적인 교육 및 훈련 프로그램을 실시하여 최신 연구 동향, 평가 기법 및 과정에 대한 이해를 강화
- (다학제적 접근 채택) 다양한 학문 분야의 전문가를 포함하여 평가의 다양성과 깊이를 확보해야 함
- (실사 및 현장 평가 강화) 실제 연구 환경을 방문하고 현장 평가를 통해 과제의 실행 가능성과 연구 환경을 직접 검토
- (피어 리뷰 및 토론 기반 평가) 과제 제안서에 대한 피어 리뷰와 전문가 간의 토론을 통해 평가의 깊이를 더하도록 함
- (평가 기준의 명확화 및 표준화) 평가 기준을 명확하고 일관되게 설정하며, 이를 통해 평가 과정의 투명성과 공정성을 높임
- (빅데이터 및 AI 분석 도구 활용) 최신 데이터 분석 기술을 활용하여 과제의 독창성, 잠재적 영향력 등을 객관적으로 평가함
- (피드백 메커니즘 구축) 평가 이후 제안자에게 구체적이고 건설적인 피드백을 제공하여 평가 과정의 품질을 지속적으로 개선해야 함

- 다음과 같은 평가지표들은 연구 과제의 기술적, 과학적, 사회적 영향력을 종합적으로 평가하여 연구의 질을 높이고 실질적인 변화를 이끌어낼 수 있는 프로젝트를 선별하는 데 중요한 역할을 할 수 있음

<표 4-2> 도전·혁신형 R&D 과제 선정평가를 위한 정성적 지표(안)

구분	내용
기술적 난이도 (Technical Difficulty)	연구 과제가 기존 기술의 한계를 얼마나 극복하고 새로운 지평을 여는가? (예: 새로운 기술 패러다임 창출, 불가능했던 것을 가능하게 하는 기술 개발)
과학적 가치 (Scientific Merit)	연구 과제가 과학 지식의 진보에 얼마나 기여하는가? (예: 새로운 학문 분야 개척, 기존 이론의 근본적인 수정 또는 발전)
혁신성 (Innovation Potential)	연구 과제가 미래 사회에 얼마나 큰 영향을 미칠 수 있는가? (예: 새로운 산업 창출, 기존 산업의 혁신, 사회 문제 해결)
잠재적 영향력 (Potential Impact)	연구 과제가 성공할 경우 예상되는 긍정적 영향의 규모와 범위는 어느 정도인가? (예: 경제 성장, 사회 발전, 국가 안보 강화)
기술적 불확실성 (Technical Uncertainty):	연구 과제의 성공 가능성이 얼마나 높은가? (예: 기술적 난관, 예상치 못한 문제 발생 가능성)
연구 접근 방식의 독창성 (Originality of Research Approach)	연구 과제를 해결하기 위한 접근 방식이 얼마나 독창적이고 새로운가? (예: 기존 방식과의 차별성, 새로운 아이디어 도입)
연구팀 역량 (Research Team Capability)	연구팀이 연구 과제를 성공적으로 수행할 수 있는 능력과 경험을 갖추고 있는가? (예: 핵심 기술 전문성, 문제 해결 능력, 팀워크)
연구 결과의 활용 가능성 (Potential for Utilization of Research Results):	연구 결과가 실제로 적용될 가능성이 얼마나 높은가? (예: 상용화 가능성, 정책 적용 가능성, 다른 연구에 대한 기여)
윤리적 고려 (Ethical Considerations)	연구 과제가 윤리적 문제를 야기하지 않는가? (예: 인간 안전, 환경 영향, 사회적 책임)
국제 협력 (International Collaboration)	연구 과제가 국제 협력을 통해 수행될 필요가 있는가? (예: 전문가 및 자원 공유, 글로벌 과제 해결)

2) 연구자 자율성 강화

- (목표의 도전성 검증 시스템) 연구자가 스스로 리뷰하고 목표의 도전성을 검증받을 수 있는 시스템 구축하고자 하며, 이를 위해 연구자 의견을 적극 수렴하는 채널이 필요함
 - 연구자가 자신의 연구 과제를 스스로 평가하고 리뷰함으로써, 연구 방향과 목표 설정에 대한 주도성과 책임감을 강화할 수 있음
 - 자율적인 리뷰와 평가 과정은 연구자들이 더 창의적이고 혁신적인 아이디어를 모색하도록 장려함
 - 스스로의 리뷰를 통해 연구자는 자신의 목표가 충분히 도전적이고 혁신적인지를 검증하고, 필요한 경우 목표를 재조정할 수 있음
 - 동료 연구자들과의 상호 평가 및 피드백을 통해 연구 목표의 타당성과 도전성을 객관적으로 검증받을 수 있음
 - 연구자 의견을 적극적으로 수렴하는 채널을 통해 연구자들이 서로의 연구에 대해 피드백을 주고받으며, 이를 통해 연구의 질을 높일 수 있음
 - 연구자 의견을 반영하여 연구 환경을 지속적으로 개선하고, 연구자들이 필요로 하는 자원과 지원을 제공할 수 있음
- (도전 과제 맞춤형 평가 체계) 연구자들이 자신의 연구 목표와 진행 상황을 정기적으로 평가할 수 있는 자체 평가 시스템을 개발해야 하며 이는 연구자의 자율성을 존중하면서도 목표의 도전성과 진척도를 체계적으로 검토할 수 있도록 설계되어야 함
 - 연구 목표의 도전성을 평가하기 위한 명확한 기준과 지표를 개발하여, 연구자들이 이를 기반으로 자신의 연구 목표를 평가하고 조정할 수 있도록 해야 함
 - 동료 연구자들, 멘토, 또는 분야별 전문가들로부터 정기적인 피드백을 받을 수 있는 프로그램을 마련하여 이를 통해 연구자들은 자신의 연구 목표와 방향에 대한 객관적인 평가와 조언을 얻을 수 있도록 해야 함
 - 연구자들이 자신의 연구 목표를 설정하고 이를 동료들과 공유하는 워크숍이나 세미나를 정기적으로 개최하여 연구자들에게 목표 설정 과정에서 필요한 지원과 영감을 제공해야 함

- 연구자들이 주도하는 리뷰 패널을 구성하여, 연구자들이 서로의 연구 목표와 진행 상황을 평가하고 피드백을 제공해야 함

<표 4-3> 연구수행 과정 점검 질문 예시(Critical Questions)

- 기존에 연구된 바 없는 새로운 한계도전 또는 Breakthrough는 무엇인가?
- 연구단이 도전목표를 향해 나아감에 있어 세부과제 연구가 기여한 바는 무엇인가?
- 글로벌 경쟁 연구그룹에 대한 심층 리뷰와 차별화 전략을 모색하였는가?
- 현재까지의 한계도전연구의 성과는 무엇인가? 연구 과정에 대한 자료 및 데이터를 충실히 축적하였는가?
- 당초 계획한 연구목표 수행 중간에 실패 후 1회 이상 재시도를 했는가?
- 최종 목표에는 도달하지 못하였으나 연구 과정에서 기존의 장애 요인 해소 등을 통해 목표 달성 가능성을 높인 사례가 있는가?
- 당초 목표한 결과물 도출에는 실패하였으나, 그동안 시도했던 접근방식은 타당하지 않다는 것을 과학적으로 증명할 수 있나? 또는 연구 과정에서 새롭게 파생된 결과물의 우수성을 입증할 수 있는가?

- 정량적 지표 뿐만 아니라 질적인 피드백을 포함하여 연구의 진행 상황과 품질을 평가, 연구자와 평가자 간의 정기적인 대화를 통해 연구의 방향과 목표에 대한 공감대를 형성하고 연구자의 새로운 의견과 제안을 반영하여 연구 방향성 조정
- 체계적인 리스크 관리 시스템 구축, 실패를 연구의 일부로 인정하고 실패로부터 얻는 교훈이나 통찰을 통해 다른 프로젝트에 활용하고자 하는 문화를 조성해야 함
- (연구자 자율성 강화) 연구 방법론이나 접근 방식에 대한 제한을 최소화하고 '파급효과(impact)' 중심의 평가 체계를 도입하여, 연구자가 새로운 방법이나 도구를 시도하고 실험할 수 있도록 함
- (관료주의 최소화) 연구자들이 관리적 장벽 없이 연구에 전념할 수 있는 환경을 조성하기 위해 기술 전문성 및 리더십을 갖춘 책임PM이 연구 프로그램에 대한 주요 의사결정을 주도
- (연구자 중심의 지원체계) 책임PM은 연구 현장의 니즈를 반영한 프로그램을 기획하고 연구자의 필요와 학습 스타일에 적합한 소통 방식을 선택하여 연구자가 창의성과 역동성을 최대한 발휘할 수 있도록 지원해야 함

3) 임무 중심 예산 체계 도입

- 미국의 DARPA와 같이 해결해야 할 장기적 목표 중심의 임무를 설정하고, 이를 달성하기 위한 프로젝트에 예산을 집중적으로 배분하는 방식 도입이 필요
- (임무 정의와 선정) 국가적 난제 해결을 위한 중장기적인 목표 설정 및 이를 위한 연구개발 프로젝트의 우선순위 설정하는 방식
 - 혁신적 연구와 개발의 장기적 목표를 달성하기 위해 중요한 임무들을 정의하고 선정해야 하며, 이러한 임무는 기술적, 사회적, 경제적 변화를 선도할 수 있는 분야에서 선택되어야 함
 - 임무 선정 과정에 다양한 이해관계자들의 의견을 반영하여, 공공의 이익과 국가의 전략적 목표에 부합하도록 함
- (유연성있는 연구비 배분) 각 임무에 필요한 예산을 유연하게 배분하며, 프로젝트의 진행 상황에 따라 조정할 수 있어야 하며, 이는 초기 단계에서의 불확실성을 관리하고, 장기적으로 성공적인 결과를 도출하기 위한 조정을 가능하게 함
 - 또한, 다년도 예산 계획을 도입하여 연구 기간 동안 안정적인 자금 지원을 보장해야 함
- (성과평가의 개선) 나아가 임무 성취도에 기반한 성과 평가 체계를 마련해야 하며, 이는 단순히 연구 결과의 양적인 측면(예: 논문 수, 특허 수)보다는 연구가 사회나 경제에 미치는 영향과 기술 혁신의 질적인 측면을 중시하고 정기적인 리뷰와 피드백을 통해 연구 진행 상황을 평가, 필요한 경우 방향 전환이 용이하도록 해야할 것임
- (투명성과 책임성 강화) 예산의 사용과 연구 결과에 대한 투명성을 확보함으로써 공공의 신뢰를 구축해야 하며, 이는 정부, 연구기관, 그리고 국민 간의 정보 공유와 투명한 커뮤니케이션을 필요로 할 수 있음
 - 연구의 책임성을 강화하기 위해 독립적인 감사 기능을 설정하고, 재정적, 관리적 결정에 대한 외부 검토를 정례화하도록 해야 함

4.3 글로벌 협력 촉진 및 연구성과의 파급력 확보 전략

1) 활발한 네트워킹 및 국제적 영향력 확장

- 해외 우수 연구그룹과의 전략적 국제협력을 통해 글로벌 연구 협력 네트워크를 강화하고 한국형 도전·혁신의 R&D 연구역량을 세계적 수준으로 제고해야 함
- 이를 위한 전략은 1)차별화된 국제협력 대상 발굴, 2)핵심 연구자 글로벌 네트워크 구축, 3)국제공동연구의 전폭적 지원과 성과 창출의 3가지로 요약됨
- (차별화된 국제협력 대상 발굴) 차별화된 국제협력 대상을 지속적으로 발굴하여 전략적 파트너십을 구축하고 연구협력의 질과 규모를 확장하여 국제적 인정과 영향력 확대
 - 차별화된 국제협력 대상을 발굴하는 것은 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 해당됨
 - 이를 위하여 학술정보 빅데이터 분석을 기반으로 연구 동향, 국제 연구협력 가능성, 글로벌 선도그룹의 역량 등을 파악하여 차별화된 국제협력 대상을 발굴하고 연구단별 맞춤형 전략 컨설팅을 실시할 수 있음
 - 빅데이터 분석 및 전문가 자문을 바탕으로 돌파형 도전 연구그룹의 연구역량을 극대화할 수 있는 연구 협력 파트너인가에 대한 객관적 분석 정보를 제공하는 방향을 고려할 수 있음
- (핵심 연구자 글로벌 네트워크 구축) 세계 각국의 핵심 연구자와의 네트워크를 구축하여 지속적인 협력과 정보 교류를 진행, 전문가 워크숍, 국제 컨퍼런스, 학술행사 등을 주관하거나 참여함으로써 국제 연구 커뮤니티와의 협력을 강화
 - 주요 혁신연구 기관의 연구자, 엔지니어 및 전문가 간의 교류 프로그램을 활성화하여 최신 지식과 기술의 전파를 촉진하고자 함
 - 실효적 국제 공동연구 추진을 위하여 상호 신뢰를 기반으로 외국 연구자 유치 및 연구자 해외파견 등과 같은 인적교류를 통해 네트워크를 확대하여 나가고자 함

○ (국제공동연구성과의 전폭적 지원과 성과 창출) 다양한 국가의 규제 및 표준에 대한 이해와 협력을 통해 상용화 과정에서의 장애물을 제거하거나 최소화하고, 국제적 네트워크와 리소스를 최대한 활용하여 상용화를 가속화

- 불확실성이 높은 도전적인 연구개발의 경우에는 선진국으로부터의 기술 도입, 공동연구 등 개방형 연구개발이 무엇보다 중요함
- 연구자 개인 차원에서 효과적인 연구 협력 전략 수립을 위한 다각적 접근을 시도하는 것에 제한이 있을 수 있으므로, 연구팀의 글로벌 경쟁력 강화 전략 수립, 해외 선도 그룹과의 공동 연구프로그램 연계, 국제 유명 학술지 게재 등을 체계적으로 지원해야 함
- 또한, 해외 주요국의 국제공동연구 동향을 분석하여 최신 정보를 제공하고 연구단이 리뷰할 수 있도록 지원하며, 기초 자료 조사·분석을 통해 해외 혁신적 연구기관 및 우수 대학의 연구그룹의 국제협력 전략을 벤치마킹할 수 있도록 컨설팅을 실시할 필요가 있음
- 이와 더불어 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 지원해야 함
- 동맹국과의 협력 강화를 위해 세계적 도전·혁신 연구기관(DARPA, ARPA-H 등)과의 교류·협력 확대 추진해야 함
- 특히 책임 PM을 중심으로 주요 도전·혁신 연구기관과의 공식적인 파트너십 협약을 체결하여 양기관 간의 연구 협력과 교류를 확대해야 함
- 국제협력 활동의 구체적인 목표와 성과 기준을 명확하게 정의하고, 정기적 리뷰(예: 컨퍼런스) 등을 통해 국제 활동에 대한 데이터를 주기적으로 수집하고 피드백을 통해 전략 및 방향을 지속적으로 개선

※ 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

□ 국제협력 연구개발 예산 확보 및 사업 수행을 위하여 고려해야 할 협력 대상의 선정기준과 조건은 다음과 같음

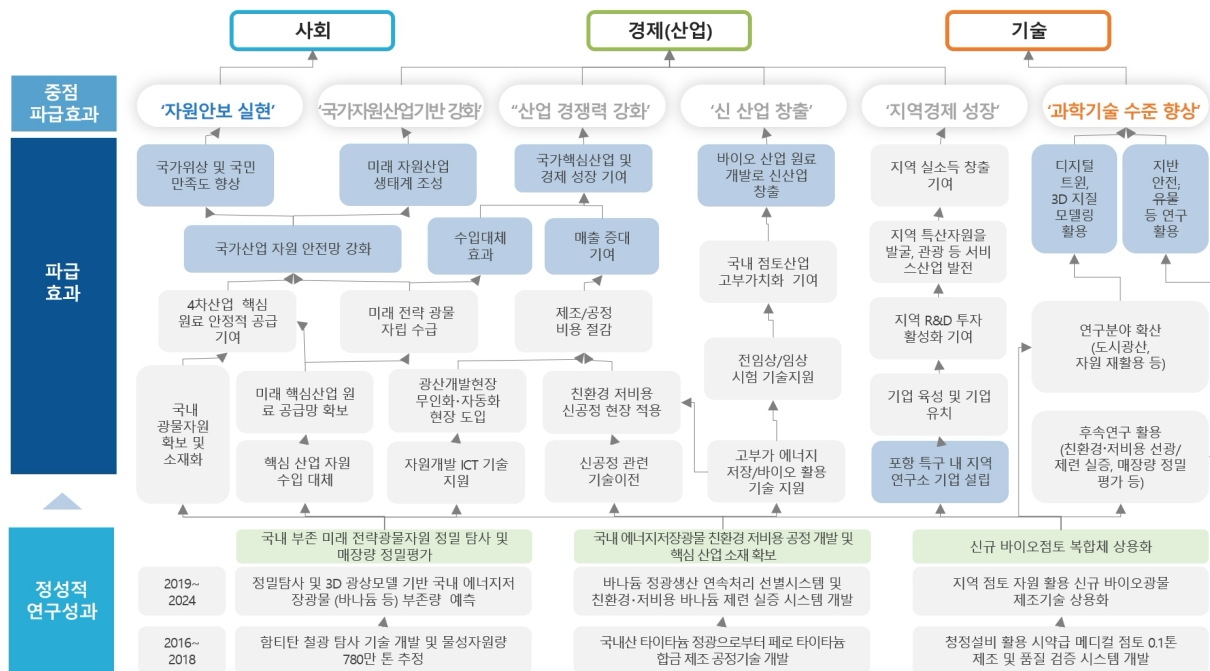
○ 국가적 차원의 필요성, 시급성, 전략적 접근 등 우선 순위가 높은 세부 핵심 바이오헬스 기술을 도출하고, 세부기술별 적정 협력 해외기관 및 성과목표 등을 제안하는 공모방식으로 선정

- 국내 독자개발 시 난이도가 높고 오랜 시간이 걸리는 기술 등 국가적 협력 전략성이 높은 연구분야를 우선적으로 선정하고 국내외 바이오헬스 최고 연구수준의 달성 지표와 비교하여 도전적인 최종목표를 제시하도록 해야함
- 연구목표를 창출할 수 있도록 글로벌 선도그룹이 참여하는 국제협력연구단(또는 국제협력연구센터)를 구성하고 효율적인 운영해야 하며(미국과 유럽 지역 권고), 가능하면 한국의 연구책임자는 해외의 국제협력연구센터장을 겸임하여야 함
- 연구계획서에 국제협력 단계별 성과목표 및 성과물의 특성, 자체 평가 기준 등 공동연구개발 최종 목표 달성 검증 방법을 구체적으로 제시해야 함
- 연도별 마일스톤과 함께 공동연구 국제협력 방안을 구체적으로 제시하고 연구 협력을 통하여 돌파형(Breakthrough) 연구결과를 낼 수 있는 글로벌 수월성 확보 방안을 제안하도록 유도해야 함
- 국제협력연구 시작 1년 후부터 매년 공개 워크숍 등을 통해 동 분야 연구자들에게 연구성과를 공개하고 피드백을 받아 연구 결과의 완성도를 높일 수 있도록 할 것임
- 주관기관과 해외 기관 간 별도의 연구개발과제 협약을 체결하여 공동연구 수행하도록 하고 과제신청 시 과제 참여의지를 확인할 수 있는 서류(LoI, MoU 등)를 차년도 협약용 계획서 제출 시 제출하도록 해야 함
- 특허 등 성과물을 둘러싼 분쟁 예방을 위해 연구개시 이전에 주관연구기관과 해외 공동연구기관과의 '지식재산권에 관한 합의서' 제출하도록 해야 하며, 연구목표 달성 가능성이 낮거나 불성실한 과제로 판단되는 경우 연구중단이 가능하도록 해야 함
- 선정된 연구단은 해외협력대학 또는 연구기관에 현지연구실 1개 이상을 설치하고, 국내 연구자 1명 이상을 1년 이상 파견하여 실질적 공동연구 수행 및 임팩트 높은 학술지에 제1저자로 논문을 출판하는 것을 목표로 하도록 유도해야 함
- 특히, Global Breakthrough Competition (사례: 2023 Falling Walls Science Summit in Berlin²⁴⁾)에 연구결과를 제출하여 글로벌 수월성을 객관적으로 평가받을 수 있도록 해야 함

²⁴⁾<https://falling-walls.com/press-releases/falling-walls-announces-science-breakthrough-of-the-year-2023-laureates/>

2) 연구개발 성과를 사회적 가치 창출(미션)에 연결

- 연구개발(R&D) 성과를 사회적 가치 창출에 연결하는 것은 연구 성과의 파급력(impact)을 강화하는 데 매우 중요한 요소임
- (사회적 요구와 R&D 목표 연결) 연구개발 과정을 시작하기 전에 사회적 요구를 파악하고 이를 연구개발의 목표와 연결하는 것이 중요하며, 이를 통해 연구개발이 실제 사회적 문제를 해결하는데 기여할 수 있도록 함
- (다학제적 접근) 사회적 가치를 창출하기 위해서는 기술적인 관점뿐만 아니라 사회과학, 경제학, 윤리학 등 다양한 학문의 통합적인 접근이 필요하며, 이러한 다학제적 접근은 보다 폭넓은 시각에서 문제를 해결하고 사회적 가치를 창출하는데 도움이 됨
- (이해관계자와의 협력 강화) 연구개발 과정에서 정부, 기업, 학계, 시민 사회 등 다양한 이해관계자와의 협력을 강화하는 것이 중요하며, 이를 통해 다양한 관점과 자원을 활용할 수 있고, 사회적 가치 창출에 대한 공감대를 형성할 수 있음
- (결과의 공유 및 확산) 연구개발 결과를 널리 공유하고 확산시키는 것도 중요하며, 공개 세미나, 학술지 발표, 언론과의 협력 등 다양한 방법을 통해 사회적 가치가 더 넓은 범위에 걸쳐 확산될 수 있음
- (지속적인 모니터링과 파급경로 분석) 연구개발 성과가 실제로 사회적 가치를 창출하고 있는지를 지속적으로 모니터링하고 평가하는 것이 중요하며, 이를 통해 필요한 조정과 개선을 시행할 수 있음(그림 4-3)
 - 성과 중 질적으로 우수한 연구성과물 그 자체 외에 성과물이 과학·기술적, 사회·경제적, 정책적 가치로 전환되어 발생한 효과 및 영향력을 정성평가하는 <연구결과 영향력>으로 구분하여 추진 필요
 - 연구성과물 그 자체 외에 성과물이 과학·기술적, 사회·경제적, 정책적 가치로 전환되어 발생한 효과 및 영향력을 정성평가, 과학·기술적, 사회·경제적 기여도 등 파급효과를 조사·분석
 - 영향력의 파급범위(수혜자, 수요자 등 파급대상의 범위), 효과성(파급효과의 크기, 중요성), 연구성과-영향력 사례 간 부합성·기여도, 근거의 객관성 등을 중심으로 평가
 - 예를 들어 도전·혁신 R&D 사업 수행 결과에 따른 성과의 파급경로를 구체적으로 설정한 후 도전·혁신 사업의 최종 성과 품목을 정하고, 다음과 같은 성과 파급경로맵을 명확히 설정하는 방법이 있음



<그림 4-3> 연구성과 파급경로 분석 사례(한국지질자원연구원 사례)

□ 연구개발성과를 사회적 가치 창출에 활용하기 위해 '스케일업 및 실증'을 지원하는 전략을 고려할 수 있음

○ 책임PM을 중심으로 사업의 성과확산을 위하여 사업 진행에 따라 예상되는 성과 파급 가능성 및 사업화 가능성에 대한 분석 및 지원체계 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

○ 책임 PM과 스케일업 지원조직²⁵⁾은 개발기술의 상용화가 가능한 프로젝트를 발굴하고 성과물의 시장진입을 위한 가치측정, 사업화, 수요자 네트워킹 등 컨설팅 지원 추진

25) DARPA 기술이전 및 사업화지원팀의 역할: 기술 이전, 파트너십 구축, 프로토타입 및 데모 입증, 투자자와의 연결, 기술 라이선싱, 시장 조사 및 분석 등

- (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
 - ※ 각 과제별 파이프라인(pipeline)을 성과유형, 개발상태(TRL) 등에 따라 포트폴리오를 구성하고 쌍방향의 선제적 모니터링을 통한 최적화된 성과창출을 위한 맞춤형 가치제고(value up) 서비스 제공
- (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
 - ※ 책임PM은 과제별로 실증테스트 또는 인증 등에 필요한 절차와 세부 사항을 자문 및 코칭할 수 있는 전문가를 자문그룹(기술 및 시장정보분석가, IP 전문가, 투자자 시장전문가, 연구자업자 등)으로 구성하여 지원
 - ※ 기술스케일업(Scale up)의 경우, 이전에 앞서 사전적으로 실험실 성능이 현장이 요구하는 성능 구현에 적합한가에 대한 검증과 이에 필요한 전문가 사전컨설팅 등을 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
 - ※ 자체 개발, 기술이전, 스타트업, 조인트벤처, 전략적 제휴 등 과제별 포트폴리오 운용 전략과 연계하여 유망아이템 조기발굴, 사업화 전략수립, 초기 사업팀 구성, 투자유치 등 엑셀러레이팅 자문 및 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
 - ※ 특히, 산업도메인 전반의 기술 연계, 테스트베드 파이프라인 구축, 규제 확인 및 개선 등을 위해 요구되는 주요 자원들을 연계하는 역할을 수행
- (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)

3) 맞춤형 성과평가 체계 구축

□ 세계적 연구성과의 창출 및 확산을 위해 혁신적 성과 관리체계 도입, 실패로부터 교훈을 재도전의 기회로 활용하는 연구 환경 조성

○ (혁신적 성과지표 설정) 혁신적인 연구의 결과는 단기적으로는 명확한 성과로 나타나지 않을 수 있고 높은 불확실성과 위험을 내포할 수 있으므로, 도전·혁신형 R&D 성과에 대한 재정의 및 다양한 성과 지표를 개발

〈표 4-4〉 도전·혁신형 R&D 성과평가 지표 예시

구분	평가내용 및 방법
기술적 파급 효과 (Spillover)	■ 프로젝트가 개발한 기술이 관련 산업이나 다른 연구 분야에 미치는 영향을 평가 ■ 새로운 기술의 추가적인 응용 사례, 산업 내 확산 속도, 기타 연구 분야로의 기술 이전을 분석
지식 창출 및 확산	■ 연구를 통해 생성된 새로운 지식의 양과 질, 이 지식이 학계, 산업계, 일반 대중에게 전달되는 방식을 평가 ■ 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)
연구 도전성 및 위험 수용도	■ 프로젝트가 얼마나 높은 수준의 도전을 설정하고, 실패 가능성에도 불구하고 과감한 시도를 하는지 평가 ■ 연구 목표의 도전 정도와 프로젝트에서 취한 위험을 전문가 패널 평가를 통해 분석
사회적 및 경제적 영향	■ 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 ■ 경제적/상업적 가치: 개발된 기술이나 솔루션이 시장에서 어떠한 수익 모델이나 비즈니스 기회를 창출할 수 있는지를 평가
기술 성숙도(TRL) 진전	■ 프로젝트 시작부터 종료까지의 기간 동안 기술 성숙도(Technology Readiness Level, TRL)가 얼마나 향상되었는지를 평가 ■ 프로젝트 시작 시의 TRL과 종료 시의 TRL을 비교하여 기술 개발 진전도를 측정
연구개발의 독창성 및 창의성	■ 연구 접근 방식, 사용된 기술, 해결된 문제의 독창성과 창의성 등을 평가 ■ 동료 평가, 전문가 리뷰, 관련 분야의 기준과 비교 분석하여 특정 기술 분야에서 이전에 해결되지 않았던 문제를 해결한 경우나, 전혀 새로운 기술 원리나 방식을 개발한 경우(기술적 돌파구(Breakthrough)를 찾았는지)인지를 평가
국제협력 및 네트워킹	■ 글로벌 학문 커뮤니티나 산업계에서의 인정: 연구가 국내외 학계나 산업계에서 어떻게 인정받고 있는지를 검토(예시: 고든 컨퍼런스급 학회 초청 키노트 스피커 발제, 수상 등)

- **(성과 지표의 다양화)** 정량적 지표로는 기존의 논문 수, 특허 수 외에도 연구의 사회적 영향, 산업에 대한 기여도 등을 측정하고 연구의 영향력, 혁신성, 학제 간 협력 정도 등 정성적 지표에 대한 평가도 진행
 - **(동적 평가 시스템)** 연구의 진행 과정과 결과를 지속적으로 모니터링하고 평가하며, 시간이 지남에 따라 연구의 영향력을 재평가하는 방식
 - **(이해관계자의 참여 확대)** 연구 결과의 영향을 받는 다양한 이해관계자들의 의견을 반영하고 학계, 산업계, 정부, 일반 대중 등의 다양한 관점을 고려하여 성과를 평가
- **(맞춤형 성과평가 가이드라인 개발)** 전통적인 성과지표인 논문이나 특허의 건수 등에만 의존하지 않고, 실질적인 문제 해결의 가능성과 목적 달성에 중점을 두는 평가 방법을 개발
- R&D 프로젝트가 해결하려는 구체적인 문제를 정의하고, 이 문제 해결에 기여하는 정도를 측정하는 지표를 개발하며 프로젝트가 사회, 경제, 환경에 미칠 잠재적인 영향을 평가하는 지표를 설정
- **(피드백 기반 성과 관리)** 책임PM 및 연구팀별 전담 컨설턴트 팀(전문위원회)이 진행 상황을 주기적으로 검토하여 목표 수준의 도전성을 평가, 이를 기반으로 필요한 조치에 대한 피드백과 실효적 컨설팅을 제공
- 프로젝트의 진행 상황을 주기적으로 검토할 명확한 일정을 설정(예를 들어, 월간 또는 분기별 검토), 진행 상황을 평가하기 위한 성과 지표를 설정하고, 이러한 지표를 사용하여 프로젝트의 진척도를 정기적으로 측정함
 - 책임 PM과 전담 컨설턴트 팀은 검토 결과를 바탕으로 구체적이고 실행 가능한 피드백을 제공하며, 컨설팅은 직면한 문제점과 장애물에 대해 해결책을 제시하고, 필요한 조치를 권고하는 방향으로 진행
 - 프로젝트의 진행 상황에 따라 목표와 전략을 유동적으로 조정하도록 하고 책임 PM과 함께 잠재적 리스크를 식별하고, 이에 대응하는 계획을 수립하도록 함
- **(성과공유회 개최)** 토론과 피드백을 촉진시켜 관련 분야의 연구자나 전문가들과 지식 및 경험을 공유
- 연구자들이 자신의 연구 성과를 공유함으로써 최신 연구 동향과 발견을 널리 알릴 수 있으며 이러한 행사를 통해 연구 지식이 학계 내외부로 퍼져나가고 연구의 영향력이 확대될 수 있음
 - 또한, 서로 다른 연구 기관이나 분야의 연구자들이 만나 의견을 교환하고 네트워크를 구축할 수 있는 기회를 제공하며, 이러한 행사를 통해 연구자들은 새로운 연구 파트너나 협업 기회를 찾을 수 있음

4.4 지속가능한 혁신 생태계 조성을 위한 과제

1) 실패를 용인하는 연구 문화 정착

- 실패를 용인하고 긍정적으로 받아들이는 연구 문화를 정착시키는 것은 혁신과 창의성을 촉진하는 밑거름이 됨
- (실패의 재정의와 긍정적 인식 강화) 실패를 불가피하고 가치 있는 학습 과정의 일부로 재정의하고 연구 과정에서의 실패를 발견과 혁신으로 가는 단계로 간주해야 하며, 과거의 실패에서 배운 교훈이 성공으로 이어진 사례들을 공유함으로써 실패의 가치를 강조해야 함
- (개방적이고 자율적인 연구 환경 조성) 새로운 아이디어를 시험하고 실험적인 접근을 시도하도록 격려하고 실패한 프로젝트에 대한 지원 및 보상 체계를 마련해 연구자들이 위험을 감수할 수 있는 환경을 조성해야 함
 - 실패를 통한 학습 기회로 간주하고, 이를 통해 얻은 통찰과 지식을 적극적으로 활용하고 실패 경험에서 얻은 교훈을 다음 연구나 프로젝트에 적용하여 혁신을 촉진하도록 장려해야 함
- (재도전 시스템) 실패 사례, 연구과정에서 새롭게 발견된 난제와 애로사항 등 연구 과정의 기록을 포함하도록 하고 과정상의 산출물을 추적하여(DB화), 재도전할 수 있는 시스템을 설계
 - (연구 과정의 기록 및 데이터베이스화) 실패 사례, 연구 과정 중 발견된 난제와 애로사항에 대한 상세한 기록을 유지하는 시스템을 구축하고 이러한 기록들을 체계적으로 수집하고 저장할 수 있는 데이터베이스(DB)를 개발
 - (재도전 챌린지 프로그램 개발) 실패 사례에 대한 새로운 접근법을 장려하고, 창의적인 해결책을 모색할 수 있도록 실패한 프로젝트나 난제를 다시 시도할 수 있는 챌린지 프로그램을 설계하고 재도전하는 연구자들에게는 특별 인센티브를 제공(예를 들어, 추가 연구 자금, 실험실 자원 우선 사용권, 공동 작업 기회 등)
 - (실패 사례 공유와 토론회) 실패를 연구 과정의 자연스러운 부분으로 인식하고, 실패에서 배운 교훈을 성공으로 이끄는 중요한 단계로 간주하고 실패 사례와 그 교훈을 공유하는 워크숍이나 세미나를 개최함으로써 연구자들이 실패 경험을 공유하고, 다른 연구자들로부터 피드백을 받을 수 있는 기회를 제공함
- (교육 및 트레이닝 프로그램) 실패를 효과적으로 관리하고, 그것에서 배울 수 있는 방법에 대한 교육을 제공하고, 연구자들이 실패의 리스크를 평가하고 관리하는 능력을 개발할 수 있도록 트레이닝을 제공해야 함

- (소통 및 피드백 채널 강화) 연구자들이 실패와 성공 경험을 공유하고 토론할 수 있는 정기적인 피드백 세션을 마련하고 실패에 대해 열린 마음으로 소통하고, 다양한 의견을 존중하는 문화를 장려해야 함
- (조직 문화 및 정책 개선) 실패를 용인하고 장려하는 조직 문화를 형성하기 위해 리더십에서부터 변화를 시작해야 하며, 연구 평가 및 보상 시스템을 개선하여 실패를 경험한 연구자들도 인정받을 수 있도록 해야 함
 - 연구 평가 시 전통적인 성과 지표(예: 논문 수, 인용 횟수)뿐만 아니라, 실험적 시도, 창의성, 협업, 과정상의 발견 등을 고려하고 단기적 성과보다는 연구의 장기적 영향력과 가치를 평가하는 기준을 도입해야 함
 - 실패한 프로젝트를 재도전할 수 있도록 추가적인 재정적 지원을 제공하고 창의적이고 도전적인 연구에 대해 특별 인센티브를 마련
 - 실패를 포함하는 연구 활동을 지원하고 보호하기 위한 제도적 프레임워크를 강화하거나 개선하고 연구 자금의 관리와 할당에 있어 유연성을 제공하여 실패 리스크를 줄일 수 있도록 해야 함

2) 도전형 인재 육성

- 도전형 R&D 인재를 육성하기 위한 방안은 창의성, 혁신적 사고, 위험 감수 능력 등을 강조하는 다양한 교육 프로그램을 개발해야 함
- 실패허용, 다학제적 접근, 글로벌 시각, 도전·혁신적 사고, 네트워킹 등을 교육하고 도전·혁신 R&D의 가치지향을 내재화하는 프로그램 ((가칭) ‘한계도전 아카데미’)을 제안함
- 이는 책임PM 발굴 및 교육을 위해 체계적인 사업 기획과 모니터링을 중점으로 하는 “한계도전 책임PM 스쿨”과 차세대 패러다임 창출을 위한 핵심 인재 발굴과 양성을 목표로 하는 “한계도전 인재 스쿨”로 구성
- (책임PM 스쿨) 책임PM 발굴과 교육 훈련 커리큘럼을 운영하여 해당 교육 프로그램 이수자 중심으로 전문적이고 체계적인 신규 사업 기획에 착수하고 책임PM을 중심으로 기존 사업 모니터링 체계를 구축
 - 책임PM 후보들의 전문성, 혁신적 사고, 리더십 및 관리 능력을 평가하는 다각적인 선발 프로세스를 구축하고 학계, 산업계, 스타트업, 심지어 비전통적인 분야에서도 혁신적인 인재를 발굴할 필요가 있음
- ※ 책임PM의 창의적 문제 해결 능력과 혁신적 사고를 평가하기 위한 테스트 및 시뮬레이션

션을 실시하고 실제 프로젝트 시나리오를 바탕으로 한 면접을 통해 후보자의 실무적 접근 방식과 대처 능력을 평가하며 전통적인 연구 및 개발 분야뿐만 아니라, 스타트업, 산업계, 심지어 예술과 인문학 등 다양한 분야에서 혁신적인 인재를 찾아나서야 함

- 또한, 최신 기술, 관리 기법, 리더십 개발 프로그램 등을 포함하여 PM들의 지속적인 교육 및 전문성 개발을 지원
- 책임PM의 핵심 역할을 네트워크 구축으로 설정하여 효과적인 의사 소통자 및 조정자 역할이 되도록 전문가를 발굴하여 비전을 공유하고 교육
- 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
- 프로젝트 관리 시스템(PMS)을 구축하고 교육하여 책임PM이 이를 바탕으로 연구 현황, 기술, 제도, 최신 자료 및 정책 정보를 실시간으로 모니터링하여 연구단 관리를 효율적이고 체계적으로 지원
- 책임PM이 초기 연구 프레임워크를 올바르게 설정하는 방법과 그 중요성에 대해 교육하며, AI 및 빅데이터 도구를 활용해 연구주제 및 연구동향을 분석하는 방법과 국제협력 파트너 그룹을 발굴하고 학제간 융합연구를 촉진하는 전략과 방법에 대한 교육을 진행
- (커리큘럼(안)) 한계도전 R&D 특성 이해(실패 관리, 리스크와 기회에 대한 균형), 프로젝트 운영 철학, 이해관계자 관리 및 네트워킹 방법 등과 더불어 도전적 R&D 경영 Best Practice 습득, 빅데이터와 AI 분석 숙달, 인간관계 학습

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

- 새로운 기술, 아이디어, 접근 방식 등의 주요 개념에 대한 세미나를 개최하고 실패사례 분석 및 리스크관리, 도전과 혁신을 위한 사고방식을 교육
- 나아가, 아카데미 교육 이수자를 중심으로 초기 단계의 혁신적인 연구 아이디어를 지원하는 소규모 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

- (커리큘럼(안)) 새로운 아이디어 발굴에 대한 교육, 다양한 분야와의 네트워킹, 실패의 교훈 학습, 국내외의 연구기관과 교류 프로그램 등

3) 도전·혁신 R&D 전담 기구 설립

- (전담기구 설립) 빠른 의사결정과 실행능력을 가진 애자일(민첩성) 조직화를 통해 혁신적인 연구 지원 및 민간과의 협력 강화
 - 독립성 확보를 통해 빠른 의사결정, 유연한 연구방향 설정 및 자원 배분, 고위험 프로젝트 추진, 민간과의 협력 강화, 전문성 향상, 국제적 협력 확대, 투명성 및 신뢰성 증진
 - (독립적인 연구 프로그램 발굴·선정) 혁신적인 발전을 이끌 수 있는 잠재력을 기준으로 프로젝트를 독립적으로 기획·선정·착수·평가/관리하여 필요한 경우 종료, 외부 리스크나 압박에 구애받지 않고 연구의 방향성과 우선순위를 결정
 - ※ 단기적 성과보다는 장기적인 혁신과 기술 개발에 집중, 연구의 깊이와 범위를 확장할 수 있으며, 전통적인 연구 자금에서 지원받기 어려운 고위험 연구를 지원함으로써 혁신적인 아이디어를 실현
 - (유연하고 민첩한 절차의 자율성) 관료적 제약을 최소화하여 신속하고 민첩한 의사결정 프로세스를 보유, 급변하는 글로벌 연구 환경에 신속하게 적응하며, 혁신적인 프로젝트 관리 접근 방식을 채택
 - (혁신과 창의성을 촉진하는 조직 문화) 전담기관을 통해 혁신, 창의성, 위험 감수를 촉진하는 기관 문화를 조성 및 확산하고, 다양한 분야의 연구팀이 협업하는 개방적인 환경을 통해 혁신과 실험의 문화 활성화
 - (최고의 인재 유치 및 육성) 전담기관의 독립성과 자율성은 최고의 연구자와 혁신가를 유치하고 그들에게 최적의 연구 환경을 제공할 것이며, 인재들에게 자유롭게 아이디어를 제안하고 실험할 수 있는 환경을 제공하여 연구의 품질과 혁신성 향상에 기여
 - (국제적 협력 및 파트너십 확대) 전담기관은 국제 연구 기관, 산업 및 대학과의 협업을 활성화하여 아이디어와 전문 지식을 공유, 글로벌 네트워크를 통해 연구의 범위와 영향력을 확장
- 시범프로젝트 실행을 통해 초기 단계에서의 문제점을 개선하는 방향으로 향후 기관 독립을 추진하며, 이를 위해 정책적 근거 마련, 이해관계자 의견수렴, 자원 확보 및 예산 계획 수립 필요

5.1 토의 및 결론

1) 국내외 현황 분석의 시사점

- 우리나라의 도전·혁신 R&D 환경은 국가 기술 경쟁력 강화를 위한 정부의 지속적인 투자에도 불구하고, 정부의 과도한 연구 개입, 단기 성과 중심 문화, 실패에 대한 관용 부족, 융합연구와 협업의 미흡함, 혁신 주체 간의 신뢰 부족 등 여러 한계를 가지고 있음
- 이러한 요인들은 연구자의 창의성을 저해하고 혁신적인 연구의 발전을 방해하고 있는데, 이를 극복하기 위해 연구 성과의 지속적 발전, 전략적 임무와 도전적 목표 설정 강화, 신속하고 유연한 연구개발 환경 조성에 초점을 맞추어야 함
- 글로벌 동향 분석 결과, 주요국은 위험 감수 장려, 유연한 자금 조달 체계, 다학제적 접근 촉진, 장기적 관점의 연구 지원, 공개적이고 투명한 연구 환경, 연구자 자율성 보장, 연구 평가의 다양화, 연구 커뮤니티와의 지속적인 소통을 통해 혁신적 R&D 환경을 조성하고 있음
- 국내에도 도전적 R&D 추진이 본격화되고 있지만, 기존 R&D 관리체계를 따르는 방식의 한계가 존재함
- 강력한 리더십과 독립적인 운영 체계를 갖춘 DARPA와 달리, 국내 R&D는 여러 부처와 기관의 중복 참여와 관료주의적 접근으로 인해 통합된 리더십이 부족하며, 단기적 성과 중심으로 운영되고 있음
- 또한, 민간 기업과의 협력 부족, 낮은 리스크 허용도, 기술 이전 및 상용화 연계 미흡 등의 문제가 지속되고 있음
- 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 정부의 역할 재정립, 장기적 지원 체계 구축, 실패 용인 문화 조성, 유연한 연구비 지원 등이 필요함
- 정부는 연구자 중심의 정책을 수립, 대학 연구 자율성 및 지원을 확대하고 연구비를 장기적으로 지원해야 하며, 실패사례 공유 및 연구실패 용인 문화를 조성하고 확산하여 혁신을 촉진해야 함

2) 도전·혁신 R&D 모델 분석의 시사점

- DARPA, ARIA, ARPA-E, ARPA-H와 같은 도전·혁신 R&D 모델들은 혁신적인 연구와 개발을 촉진하는 데 중점을 두고 있음
- 이들 모델은 전통적인 연구보다 더 고위험, 고수익의 프로젝트에 초점을 맞추며, 이러한 접근 방식은 혁신적이고 파괴적인 기술 개발을 가능하게 하고 종종 큰 성공 또는 실패로 이어질 수 있음
- 이러한 혁신 기구는 단기적 성과에 중점을 두기보다는 장기적인 비전과 목표에 초점을 맞추며, 이를 통해 새로운 과학적, 기술적 영역을 개척함
- DARPA, ARPA-E 등은 독립적이고 유연한 운영 체계를 가지고 있어, 신속한 의사 결정과 실험적인 접근이 가능한데, 이는 기존의 관료적이거나 경직된 연구 체계와 대비됨
- 이들 기구는 다양한 학문 분야와 기술 분야 간의 협업을 촉진하고 있으며, 이러한 다학제적 접근은 복잡한 문제를 해결하고 혁신적인 아이디어를 발전시키는 데 중요한 요소로 작용함
- 또한, 이들은 연구자의 자율성과 창의성을 강조하며, 연구자들이 자신의 아이디어와 비전을 자유롭게 탐구하고 실험할 수 있는 환경을 제공함
- 나아가 실패를 혁신 과정의 일부로 인식하고, 실패에서 배우는 것을 중요시하는 문화를 조성하기 위한 일련의 철학과 방식을 통해 연구자들이 더 대담하고 창의적인 프로젝트를 시도할 수 있게 함
- 한편 프로젝트 관리자(PM)와 과학기술 리더십은 이러한 활동을 촉진하는 데 중요한 역할을 하는 것으로 분석됨
- PM은 프로젝트의 방향을 설정하고, 연구 주제를 선택하며, 연구자들을 독려하고, 자원을 관리하는 중요한 역할을 함
- PM과 리더들은 혁신을 장려하고, 도전적인 아이디어를 지지하며, 실패를 학습의 기회로 활용할 수 있는 환경을 조성해야함
- 다양한 배경과 전문성을 가진 연구자들이 협력할 수 있는 환경을 조성하고, 다학제적 접근을 장려하는 역할을 해야 함

3) 도전·혁신 R&D 생태계 정착을 위한 정책 방향

- 도전·혁신 R&D 프로젝트의 성공을 위한 핵심 요소로 책임 PM 중심의 연구 기획·관리 시스템이 강조됨
- 책임 PM의 역할은 독립적이고 자율적인 연구 추진, 변혁적 연구개발 추구, 유연하고 융통성 있는 연구 수행 등을 포함하여 다수의 프로젝트를 효율적으로 관리하고 리스크를 최소화하는 것임
- 책임 PM은 해당 분야의 최고 수준 연구자로서, 다학제적 및 융합적 연구에 대한 풍부한 이해와 전문성을 바탕으로 도전적 과제를 도출 및 선도할 수 있어야 하며, 이들은 프로젝트의 전략적 방향을 설정하고 효과적인 자원 관리, 팀 리더십, 의사결정 및 문제해결 능력을 갖춰야 함
- PM의 역할로는 전략적 방향 설정, 자원 관리, 프로젝트 실행 및 관리, 팀 리더십 및 관리, 위험관리, 이해관계자와의 소통 등이 있음
- PM은 의사결정 및 우선순위 설정, 성과 평가 및 피드백, 문제 해결, 네트워킹 및 협력 강화 등의 전략적 기능을 수행하는데 특히 중요한 의사결정을 내리고, 프로젝트의 성과를 정기적으로 평가하며 프로젝트 진행 중 발생하는 문제를 식별하고 해결 방안을 모색하는 역할을 함
- 이러한 PM의 활동을 위하여 PM들이 서로 협력하고 정보를 공유할 수 있도록 네트워크를 확장하는 것을 제도적으로 지원해야 함
- 예를 들어 주기적으로 열리는 네트워킹 이벤트나 워크숍을 통해 책임 PM들이 서로의 연구 결과와 기획/관리 혁신 사례들을 공유하고 협력 기회를 찾을 수 있으며, 경험 많은 PM들을 멘토로 선정하여 신규 또는 경험이 적은 PM들에게 지식 및 경험을 전달하는 프로그램을 운영하는 방안이 있음
- 도전적 문제 발굴 및 혁신적인 R&D 과제 기획에 있어서는 공식적인 기획 프로세스가 시작된 이후의 작업이 아니라 평소 다양한 네트워크와 각종 간담회, 연구현장 방문 등을 통해 책임PM이 끊임없이 아이디어를 발굴하고 가능성을 확인하며 추진전략을 고민하는 것이 필요함
- PM은 연구자들과의 직접 만남 등을 통해 최신 정보 및 새로운 연구 기회를 파악하고, 컨퍼런스 및 워크숍 등을 수시로 개최하여 이해관계자의 제안 또는 아이디어를 적극적으로 검토해야 함
- 도전·혁신 R&D 관리의 원칙과 방향에서는 유연성과 애자일(Agile) 접근이

필수적이며, 이러한 방법론을 채택하여 변화에 신속하게 대응하고, 반복적이고 점진적인 접근을 통해 과제 관리를 진행해야 함

- 이때 혁신적 사고 및 창의적 접근, 명확한 비전과 목표 설정, 리스크 관리 및 대응 전략, 자원 관리 및 최적화, 의사소통 및 협업 촉진, 지속적인 모니터링 및 평가, 학습 및 개선 등이 중요함
- 또한, 연구자의 자율성 강화와 도전 과제 맞춤 평가 체계를 포함한 유연한 연구개발 환경의 조성이 필요함
- 연구자가 자신의 연구 과제를 스스로 평가하고 리뷰하며, 자율적인 리뷰와 평가 과정을 통해 창의적이고 혁신적인 아이디어를 모색하게 해야 함
- 연구자들은 자신의 연구 목표를 설정하고, 동료 연구자들과의 상호 평가 및 피드백을 통해 연구 목표의 타당성과 도전성을 검증받아야 함
- 한편, 글로벌 협력은 연구성과의 파급력을 확대하는 데 중요하기 때문에, 해외 우수 연구그룹과의 전략적 국제협력을 통해 글로벌 연구 협력 네트워크를 강화하고, 차별화된 국제협력 대상 발굴, 핵심 연구자 글로벌 네트워크 구축, 국제공동연구의 전폭적 지원과 성과 창출이 필요함
- 이를 위한 국제협력 연구개발 예산 확보, 사업 수행, 협력 대상 선정기준과 조건의 명확화도 중요한 전략임
- 나아가 지속가능한 혁신 생태계 조성을 위해서는 실패를 용인하는 연구문화의 정착이 필요함
- 실패의 재정의와 긍정적 인식 강화, 개방적이고 자율적인 연구 환경의 조성, 교육 및 트레이닝 프로그램의 개발, 소통 및 피드백 채널의 강화가 중요함
- 또한, 도전형 인재 육성을 위한 한계도전 아카데미의 설립, 책임 PM 스쿨 및 인재 스쿨 운영이 필요하며, 전담기구의 설립을 통해 독립적인 연구 프로그램 발굴 및 선정, 유연한 절차의 자율성, 혁신과 창의성을 촉진하는 조직 문화를 조성할 필요가 있음

5.2 향후 도전과제와 기대효과

- 본 연구에서 제안하는 도전·혁신 R&D 생태계 정착을 위한 정책 추진에 있어 예상되는 도전과제 및 장애요인은 다음과 같음
 - (문화적 장벽) 전통적인 R&D 관리 및 평가 방식에서 벗어나 도전적이고 혁신적인 연구를 장려하는 문화로의 전환은 기존의 안전 지향적이고 보수적인 연구 환경을 변화시키는 것을 포함하기 때문에 시간과 노력이 필요한 과제임
 - (리스크 관리) 고위험, 고보상 연구 프로젝트의 특성상 실패를 용인하는 문화를 정착시키고, 실패에서 학습하고 이를 재도전 기회로 활용하는 시스템의 구축이 무엇보다 중요함
 - (인재 및 리더십) 혁신적이고 도전적인 연구를 이끌 책임 PM과 리더십이 필요하며, 이를 위한 교육 및 트레이닝 프로그램의 개발과 운영이 필수적임
 - (자금 조달 및 자원 할당) 혁신적인 연구를 지원하기 위한 충분하고 유연한 자금 조달 체계의 마련은 중요한 도전과제이며, 이는 전통적인 R&D 자금 조달 방식과는 다른 접근을 필요로 할 수 있음
 - (국제 협력 및 네트워킹) 글로벌 연구 협력 네트워크 구축 및 관리는 복잡한 과제이기 때문에, 장기적인 관점에서 다양한 국가 및 기관과의 협력 관계를 유지하고 발전시키는 것이 요구됨
 - (정책 및 규제 유연성) 기존의 규제와 정책이 혁신적인 연구를 방해하지 않도록 하는 동시에 적절한 지원과 보호를 제공하는 균형잡힌 접근이 필요함
 - (향후 연구 방향) 추후에는 관련 법령과 관련 정책의 현재 상태를 면밀히 분석하여 개정이 필요한 부분을 정확히 파악하고 구체적인 조치(예: 000법령의 00부분을 개정해야 함)를 마련해야 하며, : 법령 개정이 도전·혁신 R&D에 미칠 영향을 예측하기 위해 사회적, 경제적, 기술적 영향을 평가하는 연구를 수행해야 할 것임
- 도전·혁신 R&D 프로젝트 추진시 예상되는 위험 요인과 극복 방안에 대해서는 다음과 같이 정리할 수 있음
 - (위험 요인 식별) 프로젝트 추진시 예상되는 주요 위험요인으로는 관료주의, 기술적 장애, 자원 부족, 협업 및 의사소통 문제 등이 있을 수 있음
 - (위기관리 전략) 관료주의를 최소화하기 위해 더 유연하고 개방적인 조직

구조를 도입하고, 의사결정 과정을 개선하여 다양한 의견을 수렴하고 필요 시 신속하게 조정할 수 있는 메커니즘을 마련할 계획이며 책임PM 및 추진단 팀원들에게 더 많은 자율성과 책임을 부여하여 효율성을 높이고자 함

- (위기 대응 계획) 예를 들어, 기술적 장애 발생 시 즉시 대응할 수 있는 기술 지원 팀을 구성하고, 자원 부족 문제에 대비하여 예비 자원을 확보하는 방안 등이 있음

<표 5-1> 도전·혁신 R&D 프로젝트 추진시 예상되는 위험 요인과 극복 방안

영역	예상되는 위험요소	위험도	위험 관리 및 극복 방안
사업 운영	관료주의와 경직된 관리체계	상	- 관료주의를 최소화하고, 연구의 자율성 및 창의성을 존중하는 운영 체계를 마련 - 의사결정 과정에서 다양한 의견을 수렴하고, 필요 시 신속하게 조정할 수 있는 메커니즘을 마련 - 프로젝트의 각 단계에서 책임PM 및 추진단 팀원들에게 더 많은 자율성과 책임을 부여 - 투명한 커뮤니케이션을 장려하고, 중요한 정보와 데이터를 신속하게 공유하여 관료주의적 장애를 줄임
R&D 과제 기획	환경변화 대응 부족	중	- 학술정보 빅데이터 기반의 글로벌 메가트렌드 및 국내외 R&D 동향을 조사·분석 및 위기관리 계획 수립
	R&D 기획역량 부족	상	- 분야별 R&D 기획 역량을 갖춘 전문가 POOL 확보 및 필요한 전문 인력을 교육 및 양성 - 다른 연구기관, 산업체, 학계와의 협업을 통해 기획 역량을 공유하고 강화
	개방·경쟁부족	중	- 과제기획 결과에 대한 연구자 공감대 부족을 극복하기 위해 공개세미나를 개최하는 등 개방형 기획시스템 구축, 적극적인 글로벌 협력 및 벤치마킹
R&D 과제 선정	우수 연구자 참여 부족	중	- 연구책임자 역량 중심의 평가보다는 아이디어 중심의 다면평가 실시, 경쟁력있는 연구환경 조성 - 국내외 연구 네트워크를 활용하여 우수 연구자들과의 협력 기회를 창출
	과제에 대한 이해도 부족 (평가 전문성)	상	- 기획에 참여한 자가 평가로 참여하여 과제에 대한 높은 이해도를 바탕으로 평가전문성 및 신뢰성 제고 - 평가위원 및 관련 직원들을 대상으로 지속적인 교육 및 트레이닝을 제공하여 평가 전문성을 강화
R&D 과제 관리	연구몰입도 부족	중	- 연구단 자율성을 최대한 보장하되, 난제콜로퀴움 등 성과공유회를 개최하여 적절한 긴장감 유지 - 행정적 부담 경감, 연구 자원의 효율적 배분 등을 통해 연구자들이 집중할 수 있는 환경을 조성
	연구과제 수행 중 교착상태 발생	중	- 전문가 위원회 운영을 통해 과제수행 과정에서 상시 컨설팅 역할 강화, 국제협력 지원
	다학제적 접근 및 시너지창출 실패	상	- 다양한 분야의 전문가들이 참여하는 협력 프로젝트를 적극적으로 추진, 융합연구에 대한 지원을 장려

□ 본 연구는 도전·혁신형 R&D를 지원하기 위한 새로운 정책 및 프로그램 개발하는데 기초자료로 활용할 수 있음

- 본 연구에서 제안하는 '책임 PM 중심의 기획·관리 시스템 구축 방안'은 책임 PM을 중심으로 한 기획 및 관리 시스템을 통해 연구 프로젝트의 효율성과 효과성을 극대화하는 데 기여할 수 있음
- 책임 PM의 역할과 기능을 명확히 정립하고, PM의 전문성 강화를 위한 교육 및 훈련 프로그램을 제공하는데 기초 자료로 활용 가능함
- 정부와 연구 기관은 연구 결과를 바탕으로 책임 PM의 선정, 교육 및 지원에 필요한 예산과 자원을 배정하고 PM에게 충분한 권한과 책임을 부여하여 독립적이고 창의적인 연구를 장려할 수 있음
- 본 연구에서 제안하는 '자율성과 유연성을 갖춘 연구개발 환경 조성 방안'은 연구자의 자율성을 강화하고, 유연한 연구개발 환경을 조성하여 창의적이고 혁신적인 연구를 촉진하는 데 기여할 수 있음
- 연구자가 자신의 연구 방향을 자율적으로 설정하고, 실험적인 접근을 시도할 수 있는 시스템을 마련하고 연구자의 자율적인 연구 활동을 지원하기 위한 자금 및 정책적 지원 체계를 개발하는데 기초자료로 활용 가능함
- 본 연구에서 제안하는 '글로벌 협력 촉진 및 연구성과의 파급력 확보 전략'은 글로벌 협력을 촉진하고 연구성과의 파급력을 확대하기 위해 국제적인 연구 협력 네트워크를 구축하고, 다양한 국가의 연구 기관과의 협력 프로그램을 개발하는데 기여할 수 있음
- 정부와 연구 기관은 이러한 전략을 바탕으로 국제 협력을 위한 전략적 파트너십을 구축하고, 공동 연구 프로젝트, 학술회의, 교환 프로그램 등을 통해 국제적인 연구 협력을 강화할 수 있음
- 본 연구에서 제안하는 '지속가능한 혁신 생태계 조성을 위한 과제'는 지속가능한 혁신 생태계를 조성하기 위해 실패를 용인하는 문화를 정착시키고, 창의적인 아이디어와 실험을 장려하는 연구 환경을 구축하는 데 기여할 수 있음
- 정부 및 연구 기관은 실패를 경험한 연구자들을 지원하는 정책을 마련하고, 연구 평가 체계에서 실패 경험을 학습의 기회로 삼는 문화를 조성하는데 필요한 세부 정책 기획에 기초자료로 활용할 수 있음

- 본 연구에서 제안한 정책 기획은 연구개발 환경의 혁신과 발전을 촉진하고, 연구자들이 더욱 창의적이고 도전적인 연구를 수행할 수 있도록 지원하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대함
- 정책 기획을 통해 설정된 책임 PM 중심의 관리, 자율성 및 유연성 강조, 글로벌 협력, 지속가능한 혁신 생태계 조성 등은 연구개발 분야에 혁신과 창의성을 촉진할 수 있음
- 이는 새로운 아이디어와 실험적 접근을 장려하고, 연구자들이 더욱 넓은 범위의 문제를 탐색하며 도전적인 연구를 수행할 수 있도록 도울 수 있음
- 책임 PM의 체계적인 기획 및 관리를 통해 연구 프로젝트의 목표 설정, 자원 관리, 위험 관리 등이 효과적으로 이루어지며, 이는 전반적인 연구의 효율성과 효과성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됨
- 글로벌 협력 촉진을 통해 다양한 국가와의 연구 협력이 강화되고, 이는 연구 성과의 국제적 파급력을 확대하는 데 기여할 수 있을 것임
- 이를 통해 연구 성과가 더 넓은 범위에 걸쳐 확산되고, 국제적인 연구 네트워크를 통해 새로운 협력 기회가 창출될 것으로 기대됨
- 실패를 용인하고 긍정적으로 받아들이는 문화를 조성함으로써, 연구자들은 실패를 통해 배울 수 있고, 이는 장기적으로 지속가능한 혁신 생태계를 조성하는 데 기여할 수 있음
- 향후에는 제안된 정책이 실제로 적용되었을 때의 다양한 결과를 예측하기 위해 시뮬레이션과 시나리오 분석을 수행해야 하며 새롭게 적용될 모델의 효과를 지속적으로 모니터링하고 평가하는 체계를 마련하여 정책의 탄력적 수정과 신속한 대응을 가능하게 하여, 지속적인 개선을 촉진하도록 해야 할 것임

참고문헌

- 고용수. (2015). 선택과 집중 전략과 정책문화-정부의 대형연구개발사업 추진사례를 중심으로. 한국정책학회보, 24(3), 413-436.
- 구혁채. (2023). 정책네트워크 관점에서 본 미국 DARPA 의 특징에 관한 분석 연구 (Doctoral dissertation, 한양대학교).
- 국가과학기술자문회의.(2023), 도전혁신형 국가RnD 체계 혁신 전략
- 국회예산정책처.(2020). 국가 R&D사업의 과제기획·선정평가 체계 분석. 국회예산정책처
- 국회예산정책처.(2023), 정부 R&D 예산제도 개선방안 연구
- 김유환. (2016). 과학기술규제의 특성과 규제거버넌스 (Governance) 의 재구성. 행정법연구, (47), 239-267.
- 김정수, 주이화, & 주익현. (2023). Q 방법론을 통한 창의도전적 국방기술 연구개발에 관한 인식 유형분석. 한국방위산업학회지, 30(2), 89-109.
- 류태경. (2018). 국가 R&D 과제 선정체계의 진입규제성에 관한 연구: 한국연구재단 (NRF) 이공분야 기초연구사업을 중심으로.
- 박귀순, 신숙경, 송영동, 이성중, 이은규, & 차은중. (2013). 창의적·도전적 융합연구 생태계 구축을 위한 기초융합연구 지원체계 수립에 관한 연구. 한국콘텐츠학회논문지, 13(12), 221-234.
- 박주이, 성창모. (2022). 공공 연구개발(R&D)의 혁신을 위한 한국형 난제도전 R&D 모델에 관한 탐색적 연구. 한국혁신학회지, 17(4), 167-183
- 박주이. (2023). 국가 연구개발 (R&D) 사업에서의 도전적 연구개발 촉진 메커니즘에 관한 연구 (Doctoral dissertation, 한양대학교).
- 이정원. (2000). R&D 평가시스템의 이론적 체계 구축 및 적용방안에 관한 연구. 정책연구, 1-161.
- 이정진, & 김태윤. (2023). 국가 R&D 예비타당성조사의 평가방법 개선에 관한 연구: 위험요인 분석을 중심으로. 기술혁신학회지, 26(3), 389-438.
- 이지은. (2020). 과학기술정책과정에서의 불확실성 해결전략 선택 모형 연구: 증거기반 검증, 국가 R&D 감사, 기술규제영향평가 활용 사례를 중심으로.
- 정병규, & 김태윤. (2021). 국가 R&D 의 도전성이란 무엇인가?: '도전적 연구'의 속성과 시사점. 기술혁신학회지, 24(3), 551-575.
- 정병규. (2021). 공공분야 연구개발에서의 도전적 R&D 의 속성에 관한 연구: 제도적 시사점을 중심으로.

- 조현대, 서지영, 김명관, 최태진, 정윤성, & 이영훈. (2015). 국가연구개발 정성평가 현황과 발전방향. 정책연구, 1-167.
- 한국과학기술기획평가원. (2020), 미션 중심 도전적 R&D 프로그램 기획 연구. 한국과학기술기획평가원.
- 한국과학기술기획평가원. (2021), 도전적·혁신적 R&D 촉진을 위한 법제 개선 연구. 한국과학기술기획평가원.
- 한국과학기술기획평가원. (2022), 혁신성장을 위한 정부R&D 지원 방식 다양성 제고 방안 연구(I), 한국과학기술기획평가원.
- 한국과학기술기획평가원.(2006), 산학협력 활성화 방안: 산학협력 선순환구조 구축을 중심으로, kistep Issue Paper 2006-11
- 한국과학기술기획평가원.(2022), 2022년 기술혁신 아젠다 발굴 및 R&D 투자전략 기획 연구, 기관 2022-047
- 한국과학기술기획평가원.(2022), 신산업 정책의 민관협력(PPP) 주요 이슈 분석, KISTEP ISSUE PAPER 2022-09 (통권 제329호)
- 한국산업기술진흥원. (2019), DARPA와 알키미스트 프로젝트 혁신모델 비교·분석, KIAT ISSUE PAPER 2019-13. 한국산업기술진흥원
- 한국연구재단.(2021), 한국 연구개발(R&D) 문화는 무엇인가 - 주요국의 연구개발(R&D) 문화를 배경으로 -, NRF ISSUE REPORT 2021_10호
- 황광선. (2016). 과학기술 국가연구개발 (R&D) 의 책임성과 딜레마. 한국행정학보, 50(2), 189-213.
- Bianchini, S., Llerena, P., & Martino, R. (2019). The impact of R&D subsidies under different institutional frameworks. Structural change and economic dynamics, 50, 65-78.
- Bonvillian, W. B., Van Atta, R., & Windham, P. (2019). The DARPA model for transformative technologies: perspectives on the US defense advanced research projects agency (p. 510). Open Book Publishers.
- Carleton, T. L. (2010). The value of vision in radical technological innovation. Stanford University.
- Carolyn Fu, Lars Frolund and Fiona Murray.(2021)., Enabling Mission Impact: Funding Strategies for High-Risk High-Reward Innovation, MIT Innovation Initiative Policy Working Paper
- Chiesa, V., & Frattini, F. (2007). Exploring the differences in performance measurement between research and development: evidence from a multiple case study. R&D Management, 37(4), 283-301.

- Chung, Y. K., & Choi, Y. K. (2011). A study on faculty evaluation of research achievements in humanities and social sciences. *Journal of Information management*, 42(3), 211-233.
- Deschamps, J. (2008). *Innovation leaders: How senior executives stimulate, steer and sustain innovation*. Hoboken, NJ: Jossey-Bass.
- Fikes, R., & Garvey, T. (2020). Knowledge Representation and Reasoning-A History of DARPA Leadership. *AI Magazine*, 41(2), 9-21.
- Gallo, M. E. (2020). Defense advanced research projects agency: Overview and issues for congress. *Congressional Research Service*, 17.
- Hebda, J. M., Vojak, B. A., Griffin, A., & Price, R. L. (2007). Motivating technical visionaries in large American companies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(3): 433-444.
- Heikkila, T., & Gerlak, A. K. (2005). The formation of large-scale collaborative resource management institutions: Clarifying the roles of stakeholders, science, and institutions. *Policy Studies Journal*, 33(4), 583-612.
- Klabukov I.D., Yakovets A.V., Alekhin M.D. (2017). Management of systems engineering and technical assistance of DARPA research programs. *Innovations*, 5(223), 12-19.
- Laplane, A., & Mazzucato, M. (2020). Socializing the risks and rewards of public investments: Economic, policy, and legal issues. *Research Policy*, 49, 100008.
- Liu, S. (2020). DARPA: A global innovation differentiator. *IEEE Engineering Management Review*, 48(2), 65-71.
- Machado, D. (2021). Quantitative indicators for high-risk/high-reward research. *OECD*
- Marcum, M. (2014). Assessing High-Risk, High-Benefit Research Organizations: The "DARPA Effect". *SITC Policy Briefs*, 2014(2).
- Moran, H., Karlin, L., Lauchlan, E., Rappaport, S. J., Bleasdale, B., Wild, L., & Dorr, J. (2020). Understanding Research Culture: What researchers think about the culture they work in. *Wellcome Open Research*, 5(201), 201.
- Nagesh, D. S., & Thomas, S. (2015). Success factors of public funded R&D projects. *Current science*, 357-363.
- National Research Council. (2005). *Government/industry/academic relationships for technology development: A workshop report*. Steering Committee for Workshops on Issues of Technology Development for Human and Robotic Exploration and Development of Space, Aeronautics and Space Engineering

Board, Division on Engineering and Physical Sciences. Washington, D.C.: The National Academies Press.

- OECD.(2021). Effective policies to foster high-risk/high-reward research, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers.
- OECD.(2023), OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption
- Ooi, Y. M., & Husted, K. (2022). Problem-solving and organisation of public-funded challenge-based research projects using a wicked problem lens. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 1-20.
- Pegkas, P., Staikouras, C., & Tsamadias, C. (2019). Does research and development expenditure impact innovation? Evidence from the European Union countries. *Journal of Policy Modeling*, 41(5), 1005-1025.
- Piore, M. J., Colatat, P., & Beck Reynolds, E. (2020). 3. NSF and DARPA as Models for Research Funding: An Institutional Analysis.
- Ramzi, T., Rahim, K., & Skhiri, M. (2023). Scientific Knowledge Valorization in the Public R&D Sector: a Survey and a PLS-SEM Approach. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-29.
- Stringer, R. (2000). How to manage radical innovation. *California Management Review*, 42(4): 70-88.
- Van Atta, R. H., Lippitz M. J., Lupo, J. C., Mahoney, J., & Nunn, J. H. (2003a). Transformation and transition: DARPA's role in fostering an emerging revolution in military affairs. Volume 1 - Overall assessment. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Vojak, B. A., Griffin, A., Price, R. L., & Perlov, K. (2006). Characteristics of technical visionaries as perceived by American and British industrial physicists. *R&D Management*, 36(1): 17-26.
- Wan, Q., Chen, J., Yao, Z., & Yuan, L. (2022). Preferential tax policy and R&D personnel flow for technological innovation efficiency of China's high-tech industry in an emerging economy. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121228.
- Wang, J. (2011, August). Flexible decision making in uncertain R&D projects. In 2011 International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering (Vol. 1, pp. 32-35). IEEE.
- Yerger Jr, R. H. (2023). Analyzing the Effectiveness of State-Guided Innovation.