COMPA Insight 제2026-09호

연구장비 선도형 R&D 지원효과 및 시사점



COMPA 과학기술사업화진흥원

연구장비 선도형 R&D 지원효과 및 시사점

CONTENTS

Ⅰ	요약	1
Ⅱ	선도형 R&D사업 개요	2
Ⅲ	주요 연구개발 성과	5
Ⅳ	사업 효과성 분석	13
Ⅴ	시사점 및 제언	16
Ⅵ	참고문헌	19
별첨	2026년 COMPA 발간 목록	20

I 요약

선도형 R&D사업 개요

- 기존 장비가 해결하지 못한 연구현장의 난제를 중심으로 세계 최고 수준의 핵심기술을 선제적으로 확보하기 위해 미래선도연구장비핵심기술개발사업을 시행하였음

- 단순 외산장비 기술의 국산화가 아닌, 측정한계와 연구난제 극복을 목표로 사업을 설계하고, 기술적 불확실성이 높은 도전형 과제를 추진하였음

주요 연구개발 성과 및 효과성 분석

- 선도형 R&D 사업을 통해, 외산장비의 단순 국산화를 넘어 연구현장의 측정 한계와 난제 해결을 목표로 3개 분야 8종의 글로벌 선도 기술개발을 실현하였음
  - (최첨단 물리·화학 분야) 분광장비(REELS), 프로브스테이션, 주사탐침 융합현미경
  - (글로벌 전략소재 분야) 광검사 측정장비, 트리플빔용 이온빔, 주사전기화학현미경(SECM)
  - (미래 바이오 분야) 대량 스크리닝장비(HTS/HCS), 뇌파 및 생체물질 분석장비

- 투입 대비 과학·기술·경제적 성과에서는 특히, 해외특허 출원 및 기술이전 계약에 따른 기술료가 전체 국가 R&D 평균 대비 두드러진 성과를 창출하였음

- 경제적 파급효과로는 생산유발효과 49,714백만원, 부가가치유발효과 26,277백만원 규모로 추정할 수 있음

시사점 및 제언

- 국내 연구장비산업이 기존 해외 선도기업의 기술을 추격하는 구조에서 독자적인 기술경쟁력을 확보하고 연구장비를 첨단화하는 방향으로 발전해야 함을 시사하였음

- 기 확보된 연구장비 선도 핵심기술이 실제 산업현장에서 활용되기 위해 핵심기술 간 결합, 장비 시스템 통합, 성능 고도화 등을 통해 연구장비의 첨단화가 진행되어야하며, 현장실증 및 사업화 등 중장기 후속지원 필요

본 내용은 과학기술사업화진흥원의 공식 의견이 아닌 필자의 견해임을 밝힙니다.

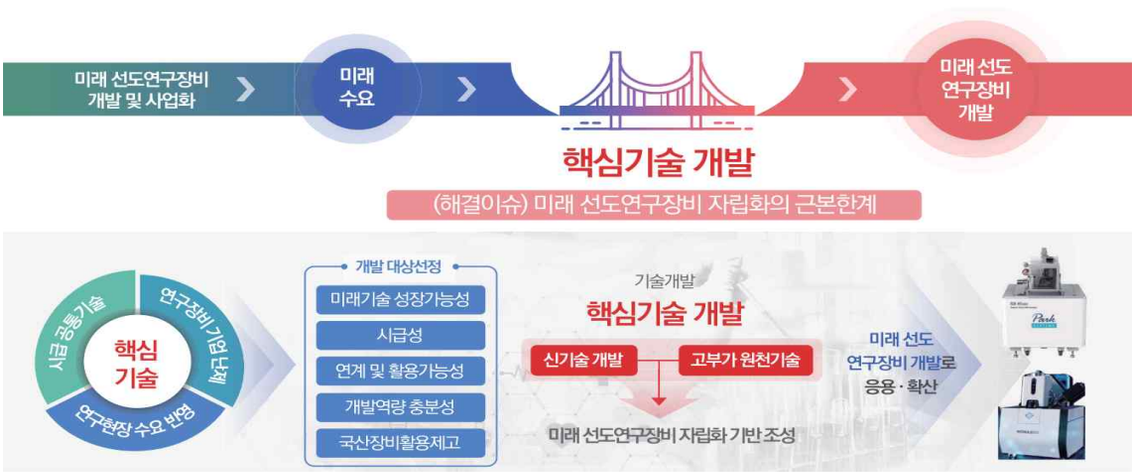
Ⅱ 선도형 R&D사업 개요

추진배경

- 연구장비는 국가 과학기술 역량과 연구개발 성과를 뒷받침하는 대표적인 기반으로서, 반도체·이차전지·바이오 등 첨단산업의 혁신 및 국가 경제발전에 기여할 수 있는 중요한 전략적 자산임
- 국내 연구장비 산업은 오랫동안 외산 장비의 도입과 모방 중심의 추격형 구조에 의존해 왔으며, 이로 인해 핵심부품과 원천기술을 해외 기업에 의존하는 문제가 지속되었음
- 이러한 구조적 한계를 해소하고, 기존 장비가 해결하지 못한 연구현장의 난제를 중심으로 세계 최고 수준의 핵심기술을 선제적으로 확보하기 위해 미래선도연구장비핵심기술개발사업을 추진하였음

사업개요

- 사 업 명: 미래선도연구장비핵심기술개발(R&D)
- 사업규모: 2022년~2025년(4년) / 총 30,640백만원 출연
- 사업목적: 추격형 연구장비 개발 한계극복과 미래 선도연구장비 자립화 기반조성을 통한 과학기술 선도국 기초체력 확립 및 최첨단 연구장비 핵심기술 역량 강화



◉ 지원내용

〈표 1〉 3개 분야 8종 핵심기술개발 지원내용

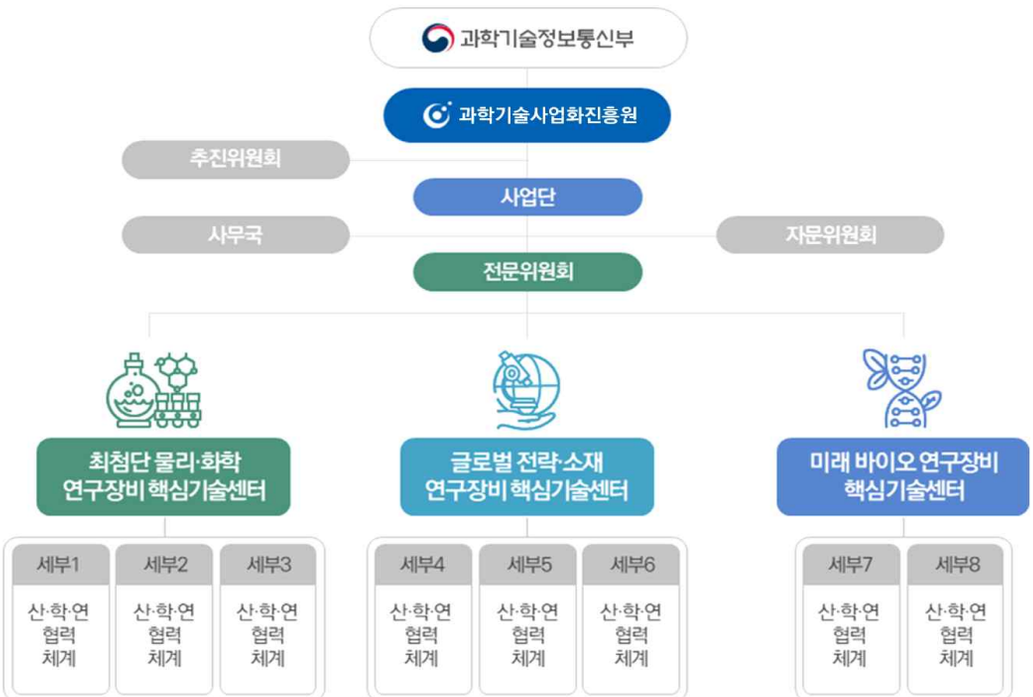
구분		세부 개발내용
최첨단 물리 · 화학	물리 · 화학 분야 새로운 측정기술 및 기능 구현을 위한 측정 · 분석 · 분광 장비 3종 핵심기술 개발	반사형 전자에너지 손실 분광장비(REELS)
		극한융합 환경 전기·자기·광·열 특성 통합분석 핵심기술
		멀티채널 극한 주사탐침 융합현미경
글로벌 전략 소재	기존 소재 기술의 한계를 뛰어넘어 글로벌 수준의 전략 첨단소재 개발을 위한 선도 장비 3종 핵심기술 개발	3D 나노복합구조 분석 광검사 측정장비
		광/하전입자 트리플빔용 고성능 이온빔 및 미세 신뢰성 평가기술
		자동화 주사전기화학현미경(SECM)
미래 바이오	생명과학, 의학연구 등 광범위하게 활용이 가능한 미래 바이오·헬스 연구장비 2종 핵심기술 개발	오가노이드 기반 초고속 대량 스크리닝 장비(HTS/HCS)
		한계 극복 측정용 뇌파 및 생체물질 분석장비

◉ 법적·정책적 근거

〈표 2〉 사업추진 관련 법적·정책적 근거

구분	법·정책명		내용
법적 근거	연구산업진흥법 제7조 (연구역량 강화 및 사업화 지원)		② 과학기술정보통신부장관은 연구 산업의 기술 발전 및 고도화를 위한 국가연구개발사업 등을 추진하고, 기술 발전을 지원하기 위한 시책을 수립 · 시행하여야 한다.
	과학기술기본법 제28조 (연구개발 시설 · 장비의 확충 · 고도화 및 관리 · 활용)		① 정부는 효율적이고 균형 있는 연구개발을 추진하기 위하여 필요한 연구개발 시설과 장비 등을 확충 · 고도화하고 관리 · 운영 · 공동활용 및 처분하기 위한 시책을 세우고 추진하여야 한다.
정책적 근거	국가과학기술자문회의	연구장비산업 혁신성장전략(안)	(전략1) 연구장비 글로벌 경쟁력 확보 1-1 연구장비 기초 · 응용기술 선점 1-2 글로벌 시장진출을 위한 맞춤형 상용화 지원 (전략3) 전략적 시장진출 지원체계 마련 3-1 국산 연구장비 현장활용 촉진 지원
		제1차 연구산업진흥기본계획 (2022~2026)	(전략2) 수요창출을 통한 시장 활성화 2-2 국산 연구장비 · 재료 新수요 창출 (전략3) 신뢰도 제고를 통한 활용 촉진 3-1 국산 연구장비 · 재료 성능 검증활동 강화

◉ 추진체계: 과학기술정보통신부(총괄) 및 과학기술사업화진흥원(전문기관) 관리하에, 1사업단, 3센터, 8개 세부과제로 구성하여 사업을 추진하였으며, 추진·자문위원회 등을 통해 연구수행-환류-고도화 체계를 마련하였음



선도형 R&D 모델의 특징

◉ 측정·분석 분야 장비의 높은 외산 의존도를 극복하기 위해, 고난도 핵심원천기술 개발 지원 추진

※ 기술적 불확실성이 높으나, 연구방법론과 산업구조를 동시에 변화시킬 수 있는 도전형 과제를 추진

◉ 핵심기술, 소프트웨어, 분석알고리즘, 표준시료, 성능평가, 활용연구가 결합된 시스템 측면의 개발

※ 장비성능(분해능, 속도 등) 뿐만 아니라 사용편의성, 재현성, 데이터 해석과 자동화 수준을 종합적으로 고려하여 개발

◉ 연구성과의 이전과 확산을 사업 초기부터 고려

※ IP R&D를 통한 주요특허 확보, 핵심기술의 이전, 제품개발에 따른 매출 창출, 혁신제품 지정 등

소결

- 미래선도연구장비핵심기술개발사업은 기존 추격형 기술개발의 한계극복을 위한 선도형 R&D 모델을 추진하였음
- 본 지에서는 연구개발 성과와 효과성을 분석하고, 이를 토대로 향후 연구장비 기술자립과 연구·산업적 활용을 촉진하기 위한 지원방향을 제시하고자 함

Ⅲ 주요 연구개발 성과

반사형 전자에너지 손실 분광장비(REELS) 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** 전처리 및 높은 전자빔에너지(60 keV이상)로 인한 시료의 손상 없이 나노미터급 영상(형상)과 고분해능 분광신호(소재 특성)를 획득하기 어려움

◉ **핵심개발 내용**

- (**전자빔 단색화 및 고분해능 분광기술 개발**) 전자빔의 에너지 분포를 좁히는 단색화 모듈과 시료에서 발생하는 전자에너지 손실을 분석하는 분광기술 개발

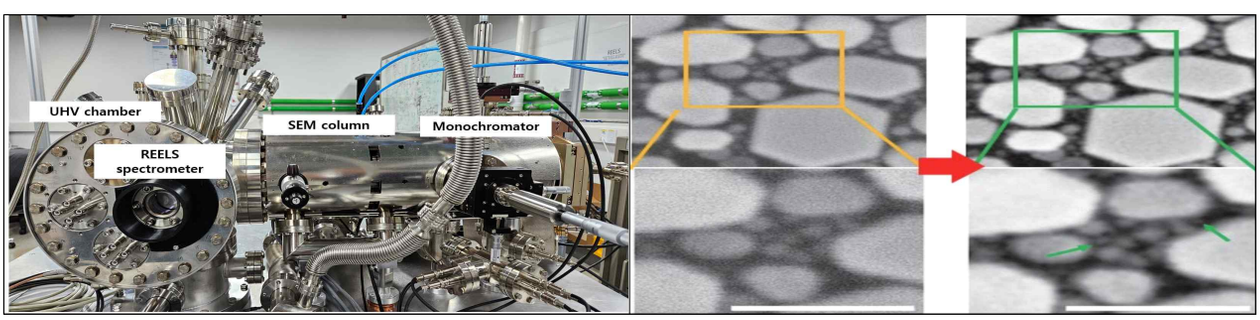
- (**저에너지 전자현미경 플랫폼 및 제어기술 개발**) 저에너지 FE-SEM 광학계와 고분해능 영상·분광용 빔 위치제어 기술을 개발하고, 전자빔 영상과 분광신호 획득에 필요한 회로·제어 및 데이터 처리기술 개발

- (**전자빔 단색기 및 분광기의 에너지분해능 각각 8 meV 달성**) 10meV보다 작은 에너지 차이를 구분할 수 있는 핵심 모듈 성능 확보

- (**FE-SEM 공간분해능 2.8 nm 확보**) 향상된 공간분해능을 확보하여 미세형상 관찰을 위한 전자현미경 플랫폼 성능 구현

- (**REELS 시작품 및 벌크소재 분석기술 확보**) 반사형 분광장비 시작품을 개발하고 SiO_2 등 벌크소재의 밴드갭 측정기술 확보

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** 시료의 박막 처리 없이 나노미터 크기의 국소 영역에서, 1kV 이하 저가속 전압, 10meV의 에너지 손실 분해능으로 분자 진동 및 포논 분광 등 국내 독자기술 확보



극한융합 환경 전기·자기·광·열 특성 통합분석 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** 웨이퍼 분석이 자기광 크라이오스탯(cryostat)과 광학분석이 어려운 프로브스테이션으로 양분화되어 광학분석이 수반되어야 하는 웨이퍼 레벨 분석 난이도가 매우 높음

◉ **핵심 개발내용**

- (**저진동 극저온 프로브스테이션 개발**) 진동 억제기술을 적용한 극저온 프로브스테이션 시작품을 제작하고 미세시료의 전기적 접촉과 광학적 관찰을 지원하기 위한 장비 플랫폼 및 통합분석 프로그램 개발

- (**전면적·주사형 통합 자기광 분석기술 개발**) 전면적 영상 획득 방식과 주사형 측정 방식을 결합하고, 온도·자기장 변화에 따른 자구영상, 자기이력곡선, 보자력 및 자구벽 거동 등을 분석할 수 있는 기술 확보

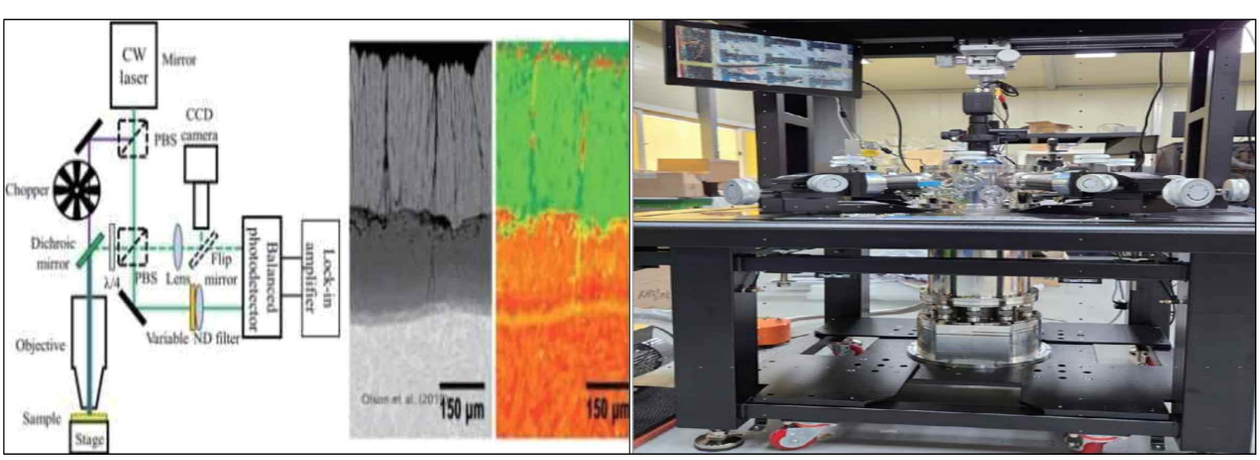
- (**대면적 열확산·열전도도 분석기술 개발**) 기존 단일점 기반 열물성 측정을 2차원 영역의 공간적 열특성 분석으로 확장하고 신호취득·피팅·스캔 조건 최적화

- (**수직 자기장 2 T 및 진동 진폭 0.76μm 확보**) 극저온·고자기장 환경에서 정밀 측정을 수행할 수 있는 핵심 장비성능 확보

- (**자기광 분석 공간분해능 300nm, 시간분해능 12.8ns 달성**) 자성박막의 미세 자구구조와 동적 특성을 분석할 수 있는 자기광 계측성능 확보

- (**1×1 mm² 이상의 열특성 분석영역 확보**) 정밀 스테이지와 레이저 정렬을 활용해 분석영역을 확대하고 열반사·열팽창 특성을 이용한 표면 열전도도 측정기술 확보

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** 반도체 웨이퍼 레벨에 제작된 자기메모리, 양자컴퓨팅·통신 소자 등 미세 소자에 대한 초고주파 전자기, 초고속 광자기, 열반사 분석을 하나의 장비로 가능



멀티채널 극한 주사탐침 융합현미경 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** SPM(주사탐침) 측정기술이 다양하고 많은 가능성을 가지고 있으나 낮은 데이터 신뢰도, 높은 사용 난이도, 정립되지 않은 시료 측정법 등의 문제가 존재함

◉ **핵심 개발내용**

- (**특수 탐침 제조·제어기술 개발**) 액상환경에서 약물 전달을 제어할 수 있는 나노피펫 특수 탐침과 헤드모듈을 개발하고, 기존 주사탐침 측정에 유체 제어기능을 결합하여 전기화학·바이오 분야의 분석에 대응할 수 있는 기술 확보

- (**백색광 간섭계 기반 융합 계측기술 개발**) 특수 탐침과 3-Color WLI를 적용한 현미경 기반 SPM 플랫폼을 개발하고 Z축 고분해능 계측기술 확보

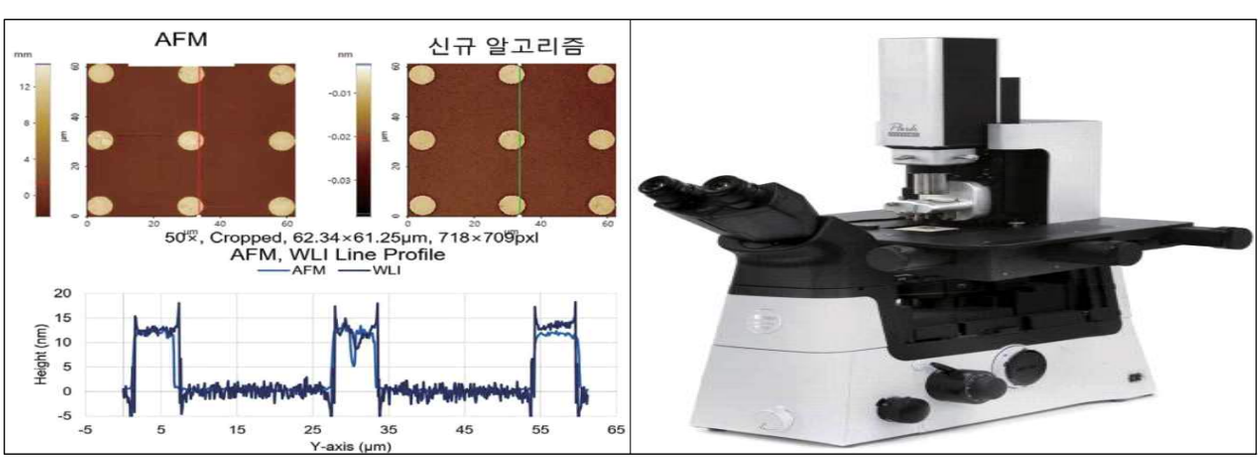
- (**응용 측정모듈 개발 및 고도화**) NX12 장비에 적용되는 SECCM·SICM-SECM·SICM 모듈을 개발·업그레이드하고 특수 탐침 헤드 및 광학모듈의 제품 적용 추진

- (**원자현미경 반복측정 성능 확보**) AFM 높이 반복성 0.2%, 피치 반복성 0.3%를 확보하여 형상 측정의 반복성과 신뢰성 향상

- (**광학·탐침 계측 간 측정 일치성 확보**) WLI와 AFM 간 높이 측정값 편차 0.3%를 기록하여 두 계측방식을 연계하는 융합 측정기술의 성능 확보

- (**특수 탐침 및 광학모듈의 제품화 성과**) 나노피펫 헤드모듈 개발과 α-모듈 제품화를 완료하고 SECCM 전용 플랫폼·나노피펫 헤드·SICM/SECM 모드·3-Color WLI 관련 시제품 개발

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** 다양한 나노광학 측정기구를 모듈화하여, SPM 융합 플랫폼에 측정모듈을 교체 장착할 수 있는 멀티채널 극한 주사탐침 융합현미경 개발을 통해 글로벌 선도 기술경쟁력 확보



3D 나노복합구조 분석 광검사 측정장비 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** 반도체 소자의 미세화, 3차원화 등의 변화에 따라 분해능 한계와 시료 손상의 이슈가 발생

◉ **핵심 개발내용**

- (**광검사·정밀계측 모듈 융합**) 편광현미경 모듈로 시료의 불균일·불량 영역을 검사하고 편광계측기 모듈로 해당 지점의 광학물성을 정밀하게 측정하는 장비구조 개발

- (**AI 기반 나노구조 분석기술 개발**) 복수 신경망을 이용하여 측정 데이터로부터 나노패턴 형상을 분석하는 기술개발 및 실제 구조를 보다 충실하게 반영한 다중 형상 모델로 학습데이터를 구축하여 분석속도와 형상 추정 정확도 개선

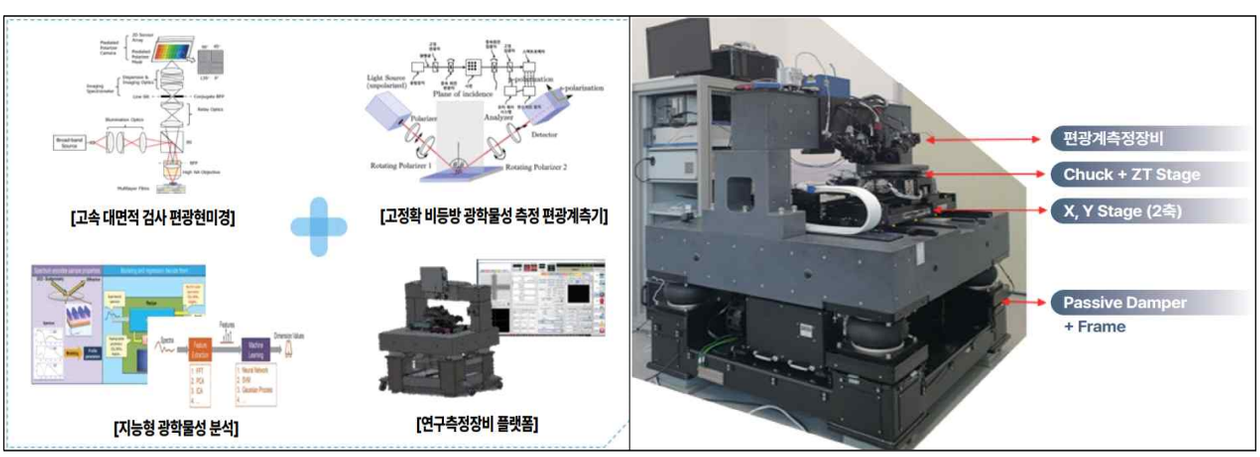
- (**대면적 검사와 분석기술의 플랫폼화**) 대면적 검사용 고속 광학모듈, 비등방 광학물성 측정모듈, 기계학습 기반 분석기술을 융복합한 연구장비 플랫폼 기술 확보

- (**고속 편광현미경 성능 확보**) 측정속도 0.05초/사이클, 공간분해능 5㎛ 미만, 측정 정밀도 0.07nm 달성

- (**박막·나노패턴 정밀측정 및 대면적 맵핑 구현**) 유전체 박막두께 측정 정밀도 0.003nm, 나노패턴 형상 측정 일치도 96.78%, 측정맵핑 영역 300mm 확보

- (**실시간 수준의 지능형 형상분석 성과**) 시험시편 분석에서 분석시간 153 ms 수준, 형상분석 평균 절대 오차 0.40 nm를 확보하여 신경망 기반 고속 형상분석 기술 구현

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** 직경 300mm급 대면적 시료에 대하여 손상 없이 국소영역(공간분해능 5 ㎛ 이하)의 광학 물성 불균일성을 고속 검사하고 불균일 지점을 고정밀 분석할 수 있는 독자 기술 확보



광·하전입자 트리플빔용 고성능 이온빔 및 미세 신뢰성 평가 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** 이온빔 가공기술의 가공속도·분해능 및 전자빔 분석속도 한계로 인하여 mm^3급의 대면적 시료의 멀티스케일 분석에 한계가 존재함

◉ **핵심 개발내용**

- (**트리플빔 구성 요소모듈 개발**) 플라즈마 집속이온빔 가공모듈, 듀얼스텝 레이저 가공모듈, 광전자 융합 계측모듈을 개발하고 각 모듈을 연계하기 위한 시스템·운용 기술 확보

- (**멀티스케일 가공·분석기술 개발**) 고속 광·이온빔 가공과 광·전자 융합 이미징을 연계하여 대면적 시료의 가공부터 미세구조 관찰까지 대응하는 원천기술 개발

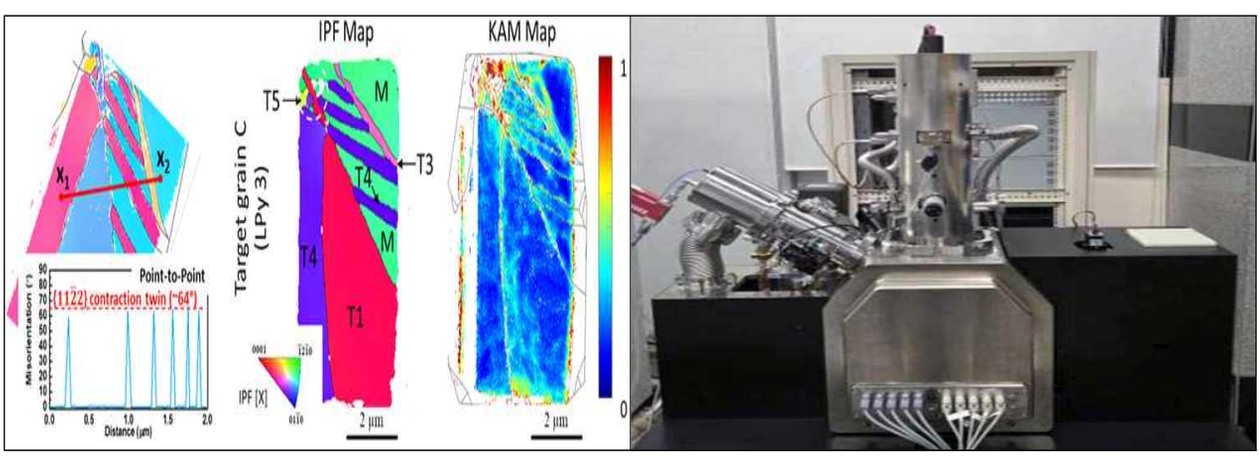
- (**신뢰성 및 3차원 분석기술 확보**) 미세스케일 신뢰성 평가와 3차원 구조분석 기술을 함께 개발하여 재료·디바이스의 구조적 특성과 신뢰성 분석으로 기능 확대

- (**이온빔 성능 확보**) 이온빔 가속전압 30.01kV, 에너지 분포 3.64eV, 전류 안정도 0.696% 확보

- (**고속·정밀 광자빔 가공기술 확보**) 광자빔 가공속도 0.51 mm^3/시간, 광자빔 가공 정밀도 7.41μm, 3차원 가공 정밀도 10nm 달성

- (**광·전자 융합 계측성능 확보**) 전자빔 해상도 2.76nm, 광학 해상도 296.38nm를 확보하여 서로 다른 관찰영역의 광학·전자빔 분석을 결합하는 요소기술 구현

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** 기존 수백 마이크로미터급 시료분석의 한계를 극복하여 mm^3급 시료의 나노미터급 초정밀 가공/미세구조의 분석 및 나노구조를 포함하는 재료의 신뢰성 분석 기술 내재화



자동화 주사전기화학현미경(SECM) 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** 일반 전기화학측정은 시료 전체영역의 평균값으로 국부 반응편차를 측정할 수 없으며, 전기화학반응 이미징화가 가능한 SECM 장치가 있으나 고도의 전문성이 요구됨

◉ **핵심 개발내용**

- (**시료 수평정렬 및 탐침 이송 자동화**) 3축 수평조정 스테이지와 정밀 자동화 워크스테이션을 개발하여 탐침·시료 간 정렬 및 측정 준비과정의 자동화 기반 확보

- (**초미세전극 및 멀티채널 팁 제작기술 개발**) 다양한 재료를 이용한 미세전극과 서로 다른 물질로 구성된 멀티채널 팁 제조기술 개발을 통해 전극 종류에 따른 전기화학 반응 분석의 선택 폭을 확대할 수 있는 핵심기술 확보

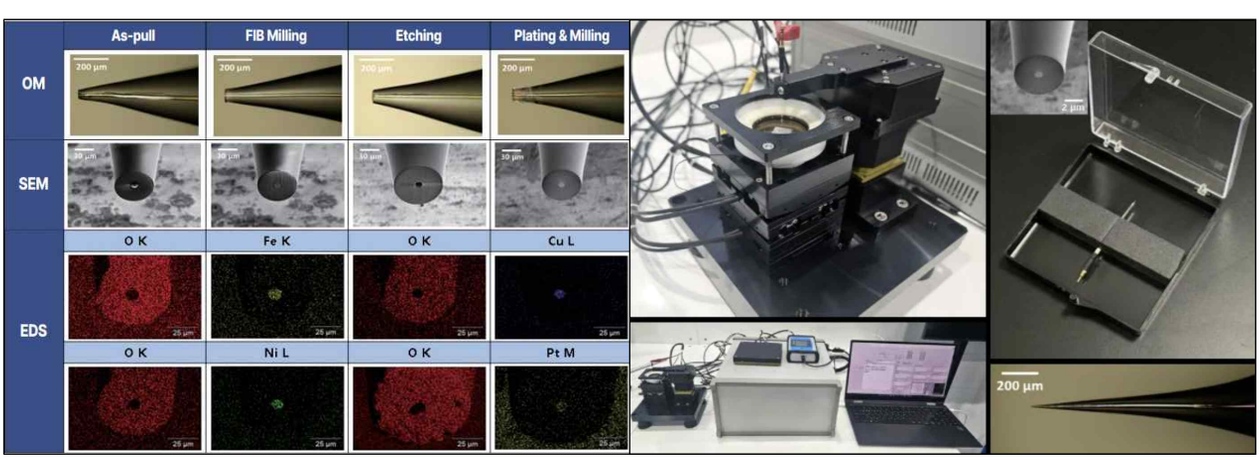
- (**이종 이미지 자동 매칭기술 개발**) SECM 측정 데이터와 광학현미경 이미지를 자동으로 대응시키는 분석 기술을 개발하고 딥러닝 기반 매칭과 반응성 히트맵을 활용하여 데이터 분석 효율 향상

- (**정렬·이송 정밀도 확보**) 시료 수평정렬 반복정밀도 ±0.05㎛, 탐침 이송 스테이지 축별 구동분해능 5nm 달성

- (**초미세전극 제작 및 재료 다양화**) 지름 0.81 ㎛의 팁전극을 제작하고 백금·탄소·구리·니켈 등 다양한 재질의 전극 구현

- (**측정영역·분해능 및 사용성 개선**) 최대 측정면적 30×30mm, 공간분해능 3.5㎛, 통합시스템 측정 준비시간 0.5시간 달성

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** 자동화된 시료 수평화 장치를 통해 SECM 팁 사용 안정성을 확보하고, 다양한 팁 제조 자체 기술 확보 및 측정기술 보급을 통한 사용자 편의성 및 활용 범위 확대



오가노이드 기반 초고속 대량 스크리닝(HTS/HCS) 장비 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** 기존 HTS 시스템은 2D 세포를 이용하여 약물 효능/독성을 평가하는데, 스크리닝 결과가 임상 결과와 일치하지 않는 경우가 많음

◉ **핵심 개발내용**

- (**고밀도 오가노이드 배양 플랫폼 개발**) 필라·웰 형태의 배양 플랫폼을 기반으로 3차원 세포배양과 대량 스크리닝을 연계하고 오가노이드 배양성능 검증과 자동 배양모듈 고도화 추진

- (**자동 세포 전처리 및 미세 분주기술 개발**) 환자 유래 조직에서 세포를 추출하는 전처리와 액상·세포 시료의 미세 분주기술을 개발하고 Cell Spotter의 최소 분주량 및 잔류용적 저감

- (**HTS/HCS 전환형 광시트 형광스캐너 개발**) 단일 광원과 카메라를 활용하면서 광경로를 제어하여 두 이미징 모드를 전환하는 LSFM 스캐너 시제품 제작

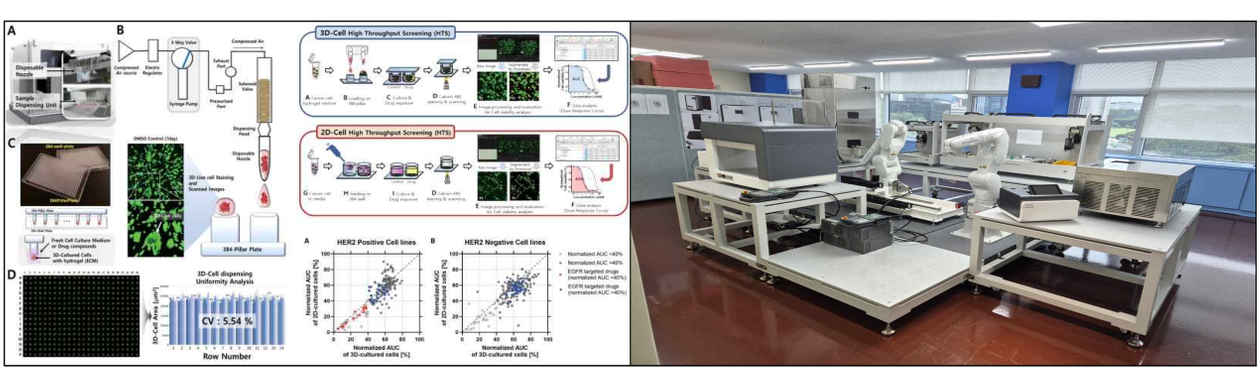
- (**고밀도 배양·전처리 성능 확보**) 플레이트당 오가노이드 1,536개, 전처리 모듈 동시 처리량 4개, 전처리 후 세포 활성도 83.5% 달성

- (**초미세 분주 및 시료 손실 저감**) 액상 분주 균일도 CV 2.6%, Cell Spotter 최소 분주량 40nL, 잔류용적 4㎕ 확보

- (**초고속 스크리닝 성능 확보**) 형광스캐너 스캔시간 18분, 하루 처리 가능한 화합물 수 32,256개를 기록하여 대량 스크리닝 처리기반 구현

- (**약물 반응 분석 적용성 검증**) 유방암 세포를 오가노이드 형태로 배양하고 표적 약물 반응을 분석하는 실험을 통해 Cell Spotter 기반 HTS의 활용성 검증

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** HTS에 적용가능한 필라·웰 배양 플레이트를 개발하여, 오가노이드(3D세포+ECM)를 이용한 약물 효능/독성을 평가함으로써 생체 대응성이 높은 스크리닝 기술 확보



한계 극복 측정용 뇌파 및 생체물질 분석 핵심기술 개발

◉ **(기술적 난제)** 기존 뇌파 측정 기기는 크기 및 인터페이스, 소프트웨어 등의 제약으로 제한된 실험 환경하에서만 사용이 가능하여 D.N.A.(Data. Network. AI.) 기술과의 융합을 통한 뇌파 측정 연구 분야에 한계를 가짐

◉ **핵심 개발내용**

- (**웨어러블·조합형 뇌파 측정시스템 개발**) 연구목적에 맞게 측정 전극의 구성과 배치를 조합할 수 있는 인터페이스를 개발하고 일상 영역을 포함한 다양한 환경에서 뇌파를 수집·전송·분석하는 시스템 구현

- (**AI 기반 뇌파 분석기술 개발**) 기계학습 기반 신호분석과 공간분해능 향상을 위한 슈퍼레졸루션 기술을 개발하고 통합 분석 소프트웨어에 적용

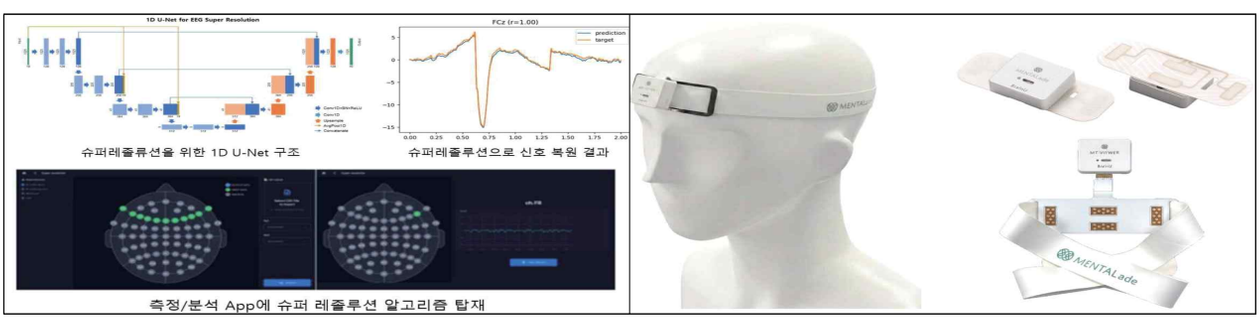
- (**생체물질 계수분석 장치 확보**) 2채널 단분자계수 분석장치와 시료 자동 주입장치를 제작하여 바이러스·나노입자 및 단분자 계수분석용 장치 확보

- (**고분해능·저전력·경량화 성능 확보**) 기본형 시스템의 뇌파 신호분해능 24bit, 무게 37g을 확보하고 조합형 시스템은 소모전력 37mW, 무게 320g 달성

- (**뇌파 분석도구 내재화**) AI 뇌파 분석도구 5건을 개발·내재화하고 슈퍼레졸루션 복원율 83% 초과의 실적 확보

- (**생체물질 직접계수 기술 확보**) 핵산 계수정량 최소 길이 1,000bp의 성능을 확보하여 생체물질 직접계수 분석기술 구현

◉ **(글로벌 선도기술 확보)** 무구속, 비침습 형태의 웨어러블 스마트 뇌파 측정기기 개발을 통해 기존의 시공간적 한계를 극복하여 일상 영역을 포함한 다양한 뇌파 데이터를 수집할 수 있는 선도 기술경쟁력 확보



소결

▸ 선도형 R&D 사업을 통해, 외산장비의 단순 국산화를 넘어 연구현장의 측정 한계와 난제 해결을 목표로 3개 분야 8종의 글로벌 선도 기술개발을 실현하였음

Ⅳ 사업 효과성 분석

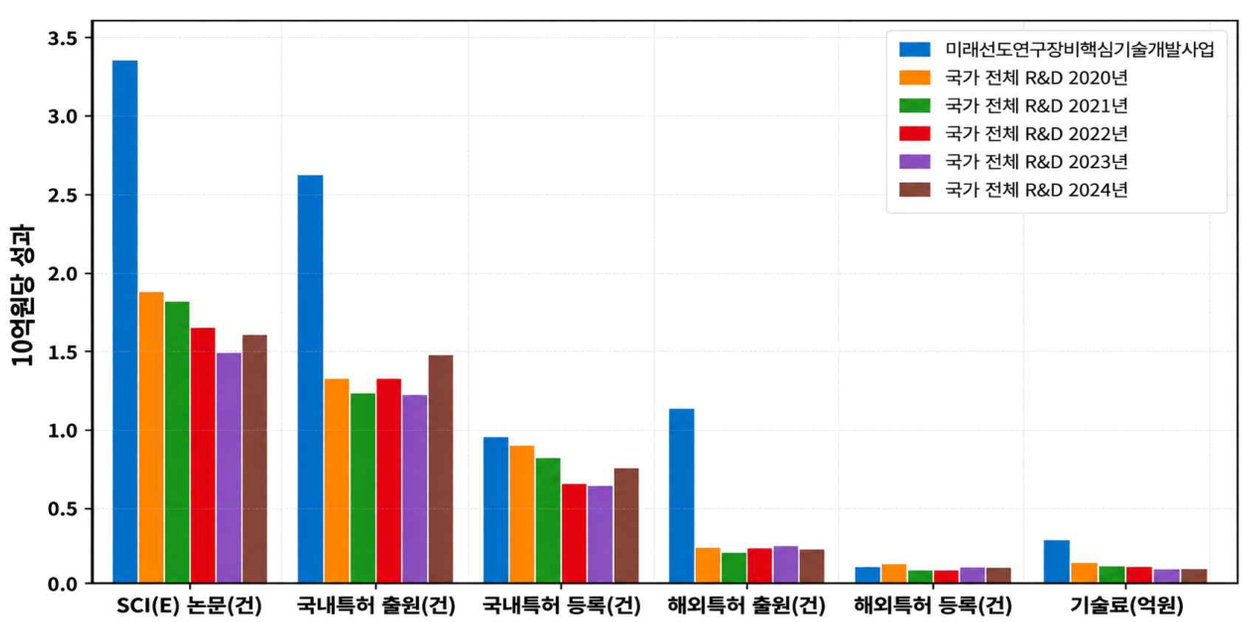
투입 대비 과학·기술·경제적 성과 분석

◉ 연구장비 선도형 R&D사업은 단순한 연구장비 개발을 넘어, 국내 연구장비 산업의 기술자립과 핵심 원천기술의 확보, 연구성과의 산업적 활용을 고려하여 추진되었다는 특징이 있으며, 특히 고난도 연구장비 핵심기술의 국산화와 기술적 성능 확보에 중점을 두면서도 논문, 특허, 기술이전 등 과학·기술·경제적 성과를 함께 창출하였음

◉ 과학적 측면에서는 선도형 연구장비 핵심기술 개발을 통해 확보한 연구성과 논문을 국내·외 SCI(E)급 학술지에 총 103편 게재하는 학술적 성과를 창출하였으며, 기술적으로는 특허 출원 114건(국내 80건, 해외 34건) 및 등록 32건(국내 29건, 해외 3건) 등 지식재산권 확보 기반을, 경제적으로는 총 16건의 기술이전 계약체결(8.8억원) 등 연구성과의 활용성 제고 및 상용화 토대를 마련하였음

◉ 이러한 과학·기술·경제적 성과에 대하여 연구개발비 투입 규모를 고려하여 객관적으로 비교하기 위해 연구개발비 10억원당 성과로 환산하고, 가장 최근 발표된 국가연구개발사업 성과분석 보고서[1]와 비교한 결과는 아래 그래프와 같음

〈표3〉 국가 전체 R&D성과 대비 비교 그래프(정부출연금 10억원당 수치 환산)



1) 출처: 과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원, “2024 국가연구개발사업 성과분석보고서”, 2026.

◉ 정부출연금 10억원당 발생성과로 환산하여 국가 전체 R&D 사업과 비교한 결과, 주요 과학·기술·경제적 성과에서 전반적으로 정량수치가 높은 수준을 보인 것으로 나타났으며, 상세수치는 아래와 같음

〈표4〉 국가 전체 R&D성과 대비 비교 그래프

성과지표	본 사업	국가 전체 R&D사업									
		2020년		2021년		2022년		2023년		2024년	
	10억원당	10억원당	(상대수준)	10억원당	(상대수준)	10억원당	(상대수준)	10억원당	(상대수준)	10억원당	(상대수준)
SCI(E) 논문	3.36건	1.87건	(1.80배)	1.82건	(1.85배)	1.64건	(2.05배)	1.49건	(2.26배)	1.58건	(2.13배)
국내특허 출원	2.61건	1.31건	(1.99배)	1.22건	(2.14배)	1.31건	(1.99배)	1.22건	(2.14배)	1.47건	(1.78배)
국내특허 등록	0.95건	0.89건	(1.07배)	0.81건	(1.17배)	0.63건	(1.51배)	0.62건	(1.53배)	0.73건	(1.30배)
해외특허 출원	1.11건	0.22건	(5.05배)	0.19건	(5.84배)	0.22건	(5.05배)	0.23건	(4.83배)	0.21건	(5.29배)
해외특허 등록	0.10건	0.11건	(0.91배)	0.07건	(1.43배)	0.07건	(1.43배)	0.09건	(1.11배)	0.09건	(1.11배)
기술이전 기술료	0.287억원	0.117억원	(2.45배)	0.099억원	(2.90배)	0.093억원	(3.09배)	0.077억원	(3.73배)	0.080억원	(3.59배)

◉ 이는 선도형 연구장비 개발사업이 기존 연구장비의 단순 성능개선이나 외산 장비의 대체를 넘어 기술적 난이도가 높고 산업적 파급력이 큰 핵심 원천기술 확보를 목표로 연구개발을 추진한 데 따른 결과로 판단됨

※ 해외특허출원 및 기술료 측면에서 전체 국가연구개발사업과 비교하여 투입 대비 효과가 두드러지게 나타남

※ 특히, SCI(E)논문의 상대적 영향력 및 우수성을 분석하기 위한 표준화된 순위보정 영향력 지수(mrnIF, modified rank normalized Impact Factor) 분석 결과, 전체 논문 103편의 평균은 약 75.1로, 질적측면에서도 최근('24년) 국가R&D 전체 mrnIF 평균(73.7) 대비 약 1.9% 높은 수준을 보여주었음

◉ 산·학·연의 전문역량을 결집하여 핵심기술 개발부터 성능검증, 지식재산권 확보 및 기업 기술이전까지 연계한 지원체계를 운영하는 등의 선도형 연구개발 지원방식이 정부연구비 투입 대비 높은 성과를 창출하는 데 긍정적으로 작용한 것으로 해석할 수 있음

사업비 투입에 따른 경제적 파급효과 분석

◉ 국가연구개발사업은 정부예산을 투입하는 공공사업으로 연구성과의 창출뿐 아니라 국가경제와 국민 삶의 질에 대한 기여를 확인하고 그 결과를 향후 사업 기획과 예산·정책 의사결정에 활용할 필요가 있음

◉ 따라서, 연구장비 선도형 R&D사업의 사업비 투입이 국내 산업의 생산과 부가가치에 미치는 파급효과 분석을 위해 산업연관분석을 실시하고, 산업별로 직·간접적으로 유발되는 생산과 부가가치의 유발효과를 추정하였음

◉ 생산유발효과는 사업비 지출에 따른 최종수요를 충족하기 위해 관련 산업과 전후방 산업에서 직·간접적으로 발생하는 총 생산 산출규모를 가늠하기 위함이며, 부가가치유발효과는 같은 최종수요를 충족하는 생산 과정에서 국내 산업에 새롭게 창출되는 부가가치 규모를 파악하기 위한 지표임

◉ 본 사업은 대학, 출연연구기관 및 기업 등 다양한 연구수행 주체가 참여하여 첨단 분석기기의 핵심기술 확보 및 기술개발을 추진하는 국가연구개발사업으로, 사업비 투입에 따른 경제적 파급효과 분석에는 최종 개발 대상인 분석기기 제조업이 아닌 연구개발 활동을 기준으로 산업연관표[2]의 연구개발 부문을 적용하며 사업비 전액을 연구개발 부문의 최종수요로 가정함

※ 한국은행이 공표한 '산업연관표'에 따른 생산유발계수 및 부가가치유발계수를 실제 사업비 투입금액에 적용·산출

〈표3〉 미래선도연구장비핵심기술개발사업의 산업연관분석표

(단위:백만원)

구분	투입금액	생산유발계수 (연구개발 부문)	생산유발효과 (추정치, 소수점 절사)	부가가치유발계수 (연구개발 부문)	부가가치유발효과 (추정치, 소수점 절사)
2022년	8,658	1.613	13,965	0.850	7,359
2023년	11,702	1.632	19,097	0.856	10,016
2024년	5,140	1.620	8,326	0.866	4,451
2025년	5,140	1.620*	8,326	0.866*	4,451
합계	30,640		49,714		26,277

* '25년 통계 미공표로 인해, 가장 최근 공표수치(2026년 공표된 '24년 통계)을 적용하여 추정

◉ 2022년부터 2025년까지의 산업연관분석 결과, 생산유발효과로는 49,714백만원으로, 부가가치유발효과로는 26,277백만원으로 추정되며, 사업비 투입의 파급범위가 연구개발 부문을 넘어 연관 산업의 생산과 부가가치 창출로 이어지는 규모를 가늠해볼 수 있음

소결

- 투입 대비 과학·기술·경제적 성과에서는 특히, 해외특허 출원과 기술료가 전체 국가R&D 평균 대비 두드러진 성과를 창출하였음
- 국가 R&D투자를 통해 연구장비 선도 핵심기술 축적 및 기술자립 기반 구축으로 국내 연구장비산업 경쟁력 견인

2) 출처: 한국은행 경제통계시스템, "ECOS", 검색일: 2026.10.15., https://ecos.bok.or.kr.

V 시사점 및 제언

시사점

◉ 선도형 R&D를 통한 국내 연구장비 핵심원천기술 확보 및 기술자립 기반 마련

- 기존 외산 연구장비의 모방·추격형 기술개발에서 벗어나, 연구현장의 기술적 난제와 측정한계 극복을 목표로 독자적인 핵심원천기술을 확보함으로써 국내 연구장비 기술개발의 선도형 전환 가능성을 시사하였음

- 국산화율 제고를 위한 고난도 핵심기술의 자체 개발과 목표 성능 달성을 통해 기술적 자립 가능성을 제시하고, 향후 첨단연구장비 개발에 활용할 수 있는 기술적 기반을 마련하였다는 데 의의가 있음

◉ 과학·기술·경제적 성과 창출을 통한 선도형 R&D 효과성 확인

- SCI(E) 논문, 특허 출원·등록, 기술이전 등 다양한 과학·기술·경제적 성과를 창출하였으며, 정부연구비 투입 대비 성과가 국가 전체 R&D 대비 우수한 수준을 보여 선도형 연구장비 기술개발 투자의 효과성을 확인할 수 있음

- 특히, 해외특허 출원과 기술이전 성과가 높은 수준으로 나타나, 기술적 난이도가 높은 연구장비 핵심원천기술 개발이 지식재산권 확보와 기술적 성과의 활용으로 연결될 수 있음을 보여주었음

- 연구개발 투자에 따른 생산유발효과와 부가가치유발효과 분석을 통해 연구개발 활동 및 연관 산업에 미칠 수 있는 경제적 파급효과를 추정하고, 향후 투자방향 수립에 참고할 수 있음

◉ 산·학·연 협력 기반의 선도형 R&D 모델의 적용 가능성 확인

- 대학·출연연·기업 등 다양한 연구개발 주체의 역량을 결집하여 핵심기술 개발, 장비성능 검증, 지식재산권 확보 및 기술이전 연계 등 고난도 연구장비 개발을 위한 산·학·연 협력형 연구개발 모델의 적용 가능성을 확인하였음

- 개별 핵심기술뿐 아니라 소프트웨어, 분석 알고리즘 및 장비 시스템을 함께 개발하는 통합적 접근을 통해 복합적인 측정·분석장비 기술을 구현하고, 국내 연구장비 개발역량의 고도화 가능성을 제시하였다는 점에서 의미가 있음

제언

◉ 장비 핵심기술에 대한 첨단화

- 기 확보된 연구장비 선도 핵심기술이 실제 산업현장에서 활용 가능한 연구장비 완제품으로 구현되고 시장에 확산되기 위해서는 후속 기술개발 지원 필요

- 산업 수요에 따른 국산 장비개발과 미래 첨단산업을 선도할 원천기술 개발을 병행함으로써 연구장비 기술개발의 연속성과 산업적 파급효과를 높이는 지원방향 수립 필요

- 기존 사업이 고난도 핵심기술 확보와 기술적 가능성 검증에 중점을 두었다면, 향후에는 핵심기술 간 결합, 장비 시스템 통합, 성능 고도화 등을 통해 연구장비의 첨단화가 진행되어야 함

◉ 산업 수요와 연계한 지원체계 구축

- 선도형 R&D를 통해 연구장비 핵심기술의 자립화 가능성을 확인하였으나, 기술적 우수성이 실제 연구장비 시장에서의 경쟁력으로 이어지기 위해서는 산업현장이 요구하는 성능, 신뢰성 및 활용성을 종합적으로 고려한 수요 기반 기술개발 지원 강화 필요

- 국내 연구장비 산업의 외산 장비 의존도를 완화하기 위해서는 미래 원천기술 확보와 함께 산업현장에서 국산화 수요가 높고 외산 대체가 시급한 연구장비 선별 및 전략적 기술개발 지원 필요

- 따라서, 산업계의 현재 수요에 대응하는 시장성장형 연구개발과 미래 첨단산업의 기술적 난제 해결을 위한 미래원천형 연구개발을 구분하여, 개발목적과 성과창출 특성에 적합한 차별화된 지원체계 마련 필요

◉ 산업현장 실증 및 사업화 연계 강화

- 개발기술의 실제 산업현장 적용과 국산 연구장비의 시장 진입을 촉진하기 위해서는 수요기업 참여를 통한 실증 및 사업화 지원 확대 필요

- 연구장비는 핵심기술의 성능뿐만 아니라 장비 시스템의 안정성, 측정 결과의 재현성 및 실제 사용환경에서의 신뢰성 확보가 중요한 만큼, 개발 초기부터 수요기업의 요구사항을 반영하고 현장 검증을 고려하는 연구개발 방식 강화 필요

- 연구장비 개발 이후에도 성능검증, 수요기업의 제조공정 적용성 평가 및 제품화를 연계하여 기술개발 성과가 실질적인 장비 구매와 시장 확산으로 이어질 수 있는 전주기적 사업화 지원체계 구축 필요

◉ 전략적·단계적 지원 확대

- 고성능 첨단장비 개발은 기술적 불확실성과 개발 난이도가 높고, 핵심기술 확보 이후에도 장비 완성 및 상용화까지 추가적인 연구개발이 요구되는 특성이 있으므로, 기술개발 특성을 고려한 중장기 지원체계 마련 필요

- 연구장비의 기술수준, 외산 의존도, 산업적 파급효과 및 수요기업의 요구사항 등을 종합적으로 검토하여 지원 우선순위를 설정하고, 기술개발의 필요성과 사업화 가능성을 사전에 검증하는 전략적 연구개발 체계 강화 필요

- 기존 선도형 R&D의 핵심기술 확보 성과를 기반으로 향후 국산 연구장비 기술개발의 연속성과 산업적 파급효과를 높이는 지원방향 수립 필요

- 궁극적으로 연구개발 성과가 국산 연구장비의 시장점유율 확대, 연구장비 기업의 성장 및 글로벌 선도 장비 개발로 이어질 수 있도록 지속적이고 체계적인 정책지원 강화가 필요할 것임

소결

- 국내 연구장비 산업 전반의 경쟁력 제고를 위한 장기적·전략적 관점의 후속 지원사업 마련 필요
- 기 확보된 연구장비 선도 핵심기술이 실제 산업현장에서 활용하기 위해 핵심기술 간 결합, 장비 시스템 통합, 성능 고도화 등을 통해 연구장비의 첨단화가 진행되어야 함

VI 참고문헌

문헌자료

- 정군오, 임응순, & 송재국. (2013). 국가 R&D 투자의 경제효과 분석: 보건의료산업을 중심으로. 기술혁신연구, 21(1), 59-84.
- 박창대, 안승구, & 박중구. (2018). 한국 R&D 투자의 기술수준별 제조업 구분에 따른 경제적 파급효과 분석: 산업연관표 활용. 기술혁신연구, 26(1), 85-105.
- 임용택. (2012). 산업연관분석을 이용한 세포응용연구 사업의 국민경제적 파급효과 분석에 관한 연구. 산업경제연구, 25(4), 2665-2688.
- 성선진, 강태원. (2026). 산업연관구조 기반 첨단산업의 기술연계 구조 분석: R&D 집약도와 체화된 기술흐름을 중심으로. 산업경제연구, 39(4), 985-1009.
- 정규채, 김필성, 이인우, & 정양현. (2021). 산업연관분석을 이용한 과기출연연 경제적 기여효과에 대한 연구: 한국생산기술연구원 사례를 중심으로. 기술혁신학회지, 24(1), 137-155.
- 엄익천, & 황원식. (2021). 공공 R&D 투자의 사회·경제적 파급효과 분석 (KISTEP 이슈페이퍼 2021-12).
- 전현곤. (2009). 국가연구개발사업의 파급효과 추정방안에 대한 제언 (KISTEP 이슈페이퍼 2009-15호, 통권 26호).
- 한국은행, “2021-2022년 산업연관표(연장표)”, 2024.
- 한국은행, “2023년 산업연관표(연장표)”, 2025.
- 한국은행, “2024년 산업연관표(연장표)”, 2026.
- 한국은행, “산업연관분석해설(2014년판)”, 2024.
- 미래선도연구장비사업단, “2022-2025년 미래 선도연구장비 핵심기술개발 최종성과집”, 2026.
- 과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원, “2024 국가연구개발사업 성과분석보고서”, 2026.

웹사이트

- 한국은행 경제통계시스템, “ECOS“, 검색일: 2026.10.15., https://ecos.bok.or.kr.

별첨 2026년 COMPA 발간 목록

No.	발간 월	분야	제목
제2026-01호	2026년 1월	기술사업화	• [COMPA Insight] 해외혁신형 기관의 기술사업화 정책 동향 분석
제2026-02호	2026년 1월	기술사업화	• [COMPA Insight] AI(인공지능) 기반 배전반 기술시장 동향 및 시사점
제2026-03호	2026년 1월	기술사업화	• [COMPA Insight] AI 기반 자폐스펙트럼장애치료 중재 기술 동향 및 시사점
제2026-04호	2026년 1월	기술사업화	• [COMPA Insight] 지능형 로봇 제어 물류시스템 기술시장 동향 및 시사점
제2026-05호	2026년 1월	기술사업화	• [COMPA Insight] 자율주행 소프트웨어 산업 동향 및 시사점
제2026-06호	2026년 2월	기술사업화	• [COMPA Insight] 2025년 수요발굴지원단 운영사업 주요성과 분석 및 시사점
제2026-07호	2026년 5월	기술사업화	• [COMPA Insight] 2025년도 실험실창업 실태조사 분석보고서
제2026-08호	2026년 10월	기술사업화	• [COMPA Insight] 2025년 치안산업 실태조사 분석
제2026-09호	2026년 11월	연구산업	• [COMPA Insight] 연구장비 선도형 R&D 지원효과 및 시사점

필자소개 과학기술사업화진흥원 장비재료팀

Email: ejjm60@compa.re.kr / Tel: 02-6347-5462

미래선도연구장비사업단

감수소개 서희원

한국과학기술원 중앙분석센터 책임기술원

COMPA Insight 제2026-09호

연구장비 선도형 R&D 지원효과 및 시사점

발행일 2026년 11월

발행처 과학기술사업화진흥원
서울 강서구 양천로 570 17층, 20층
T. 02-6347-5550 F. 02-6347-5505

■ 본 발간물은 연구산업육성사업_연구산업체계구축 연구의 일환으로 작성되었으며, 필자의 개인적 의견으로 진흥원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.