

미래소재 확보를 위한 소재 R&D 전략과 지원방향

2024. 4. 4. 한국고분자학회 춘계학술대회



과학기술정보통신부



CONTENTS

I. 미래소재 확보전략

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략

III. 과제 기획 과정

IV. 하반기 주요 지원계획

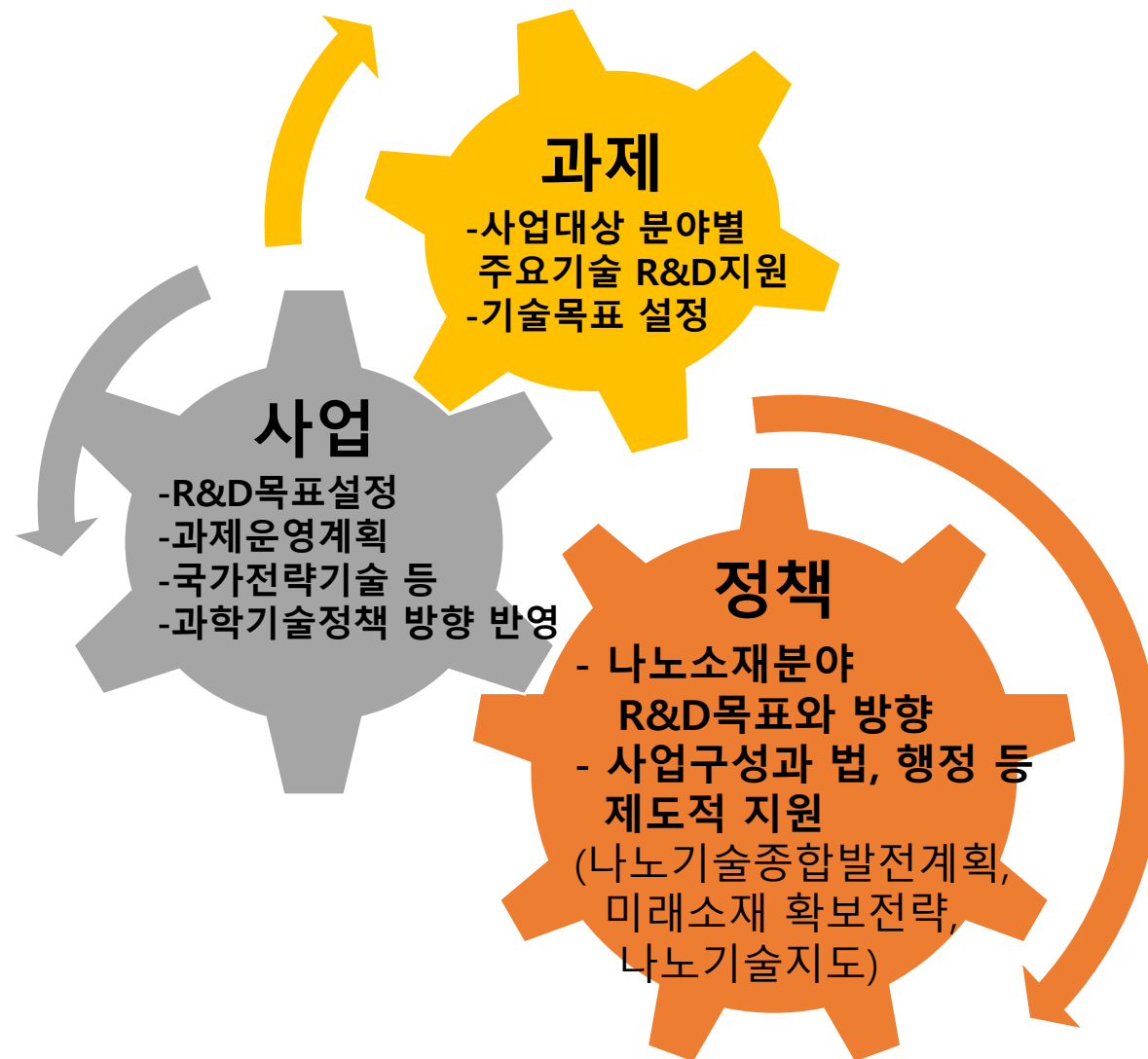
〈별첨〉 극한소재 실증연구기반조성 사업



I . 미래소재 확보전략

0. 들어가며 : 정책과 사업의 관계

정책은 국책 연구개발사업의 방향성이며, 사업 방향과 목표는 과제로 달성



I. 미래소재 확보전략 : 추진배경

기후변화, 공급망 및 팬데믹과 같은 글로벌 난제와 함께 **기술패권 경쟁 시대 본격화**

자원 공급망

친환경·탄소중립

기술개발 가속화

최고성능/다기능

미국, 중국 등 선도국은 자국 보호 및 미래 신산업 주도권 확보를 위한 **국가전략기술을 마련**



배터리
첨단에너지
첨단통신
사이버보안
...

첨단소재



인공지능
우주심해극지
신에너지
스마트카
...

신소재

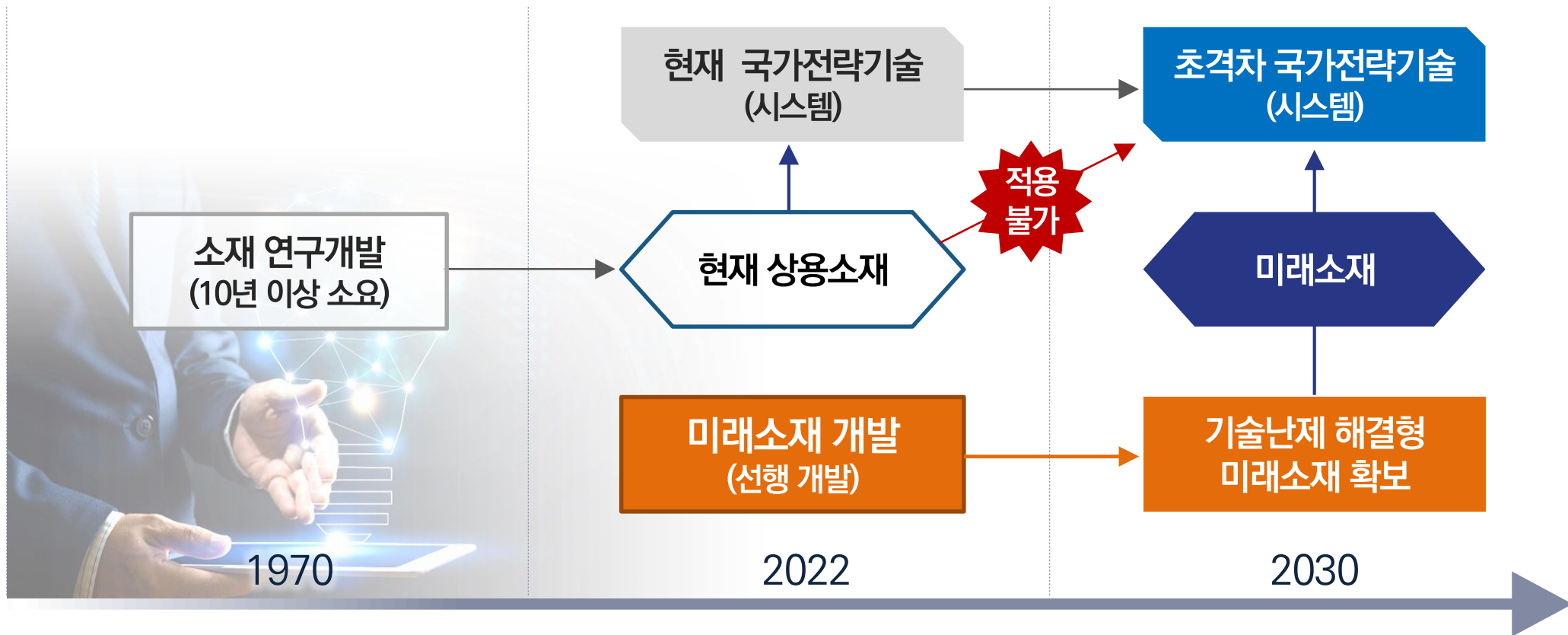


바이오헬스케어
슈퍼컴퓨터
우주
포스트 5G
...

재 료

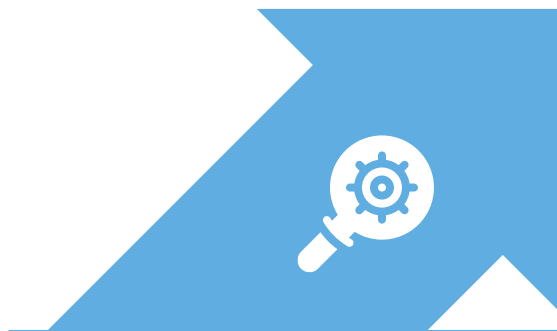
I. 미래소재 확보전략 : 우리는 무엇을 준비해야 하는가?

국가전략기술 육성을 위해서는 이를 뒷받침하는 **미래소재의 선행 개발이 필수**



I. 미래소재 확보전략 : 추진방향

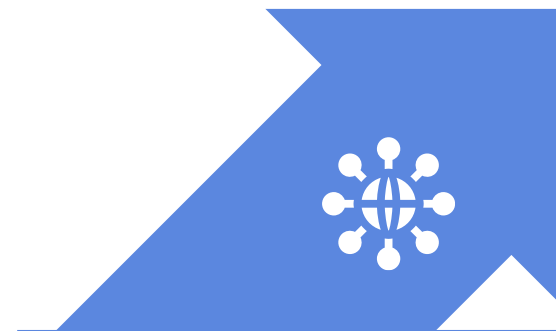
미래소재 확보를 통해 국가전략기술 초격차 목표 달성



수요 기반
미래소재 발굴



성과 집중형
소재 R&D 추진



디지털 기반
소재연구 생태계 조성

I. 미래소재 확보전략 : 수요기반 100대 미래소재 발굴

미래수요 기반 국가전략기술분야 100대 미래소재 발굴

12대 국가전략기술분야
소재전문연구회 구성
(약350명)



초격차 소재 목표 도출

*글로벌 도전 목표 → 초격차소재 목표 → 미래소재



100대 미래소재 발굴



소재별
기술 로드맵(~'35년) 마련



I. 미래소재 확보전략 : 12대 국가 전략기술분야 100대 미래소재

 반도체 성능한계돌파 초고성능 미래 반도체 칩의 극미세피치 수직적층용 통전소재 외 10개	 디스플레이 공간맞춤고감 신축 디스플레이용 스트레처블 Backplane 소재 외 7개	 이차전지 최고성능구현 안전성확보 과충전 열폭주 억제용 산소안정형 양극산화물 소재 외 7개	 차세대 원자력 안전한 차세대 원자로 확보 용융염원자로용 고온 내부식 금속 구조소재 외 7개
 첨단모빌리티 친환경 초연결 e-모빌리티구현 (e)-모빌리티 충격 흡수용 가변인성 복합소재 외 9개	 수소 청정수소생산·공급 실현 액화수소 저장용 극저온 고인성 금속 소재 외 8개	 첨단 바이오 건강하고 활력있는 삶 고효율 약물전달용 표적치료 지능제어 소재 외 8개	 우주·항공 차세대 우주항공 기술확보 위성체용 고발열·고인성·저열변형 경량금속소재 외 10개
 차세대 통신 초고속 초광대역 Sub-THz 통신소자용 전자스핀 공명제어 자성소재 외 7개	 양자 획기적 컴퓨팅·통신 성능개선 무오류 양자 컴퓨팅용 위상 보호 초전도 소재 외 7개	 인공지능 AI 신소재 개발 가속화 관계형 그래프 데이터 학습 기반 고효율 인공지능용 뉴로모픽 반도체 소재 외 1개	 첨단로봇·제조 고성능 로봇기술/웰빙건인 일상케어 재활로봇용 신체 활동 초순응 고신뢰 장기 모니터링 센서 소재 외 7개

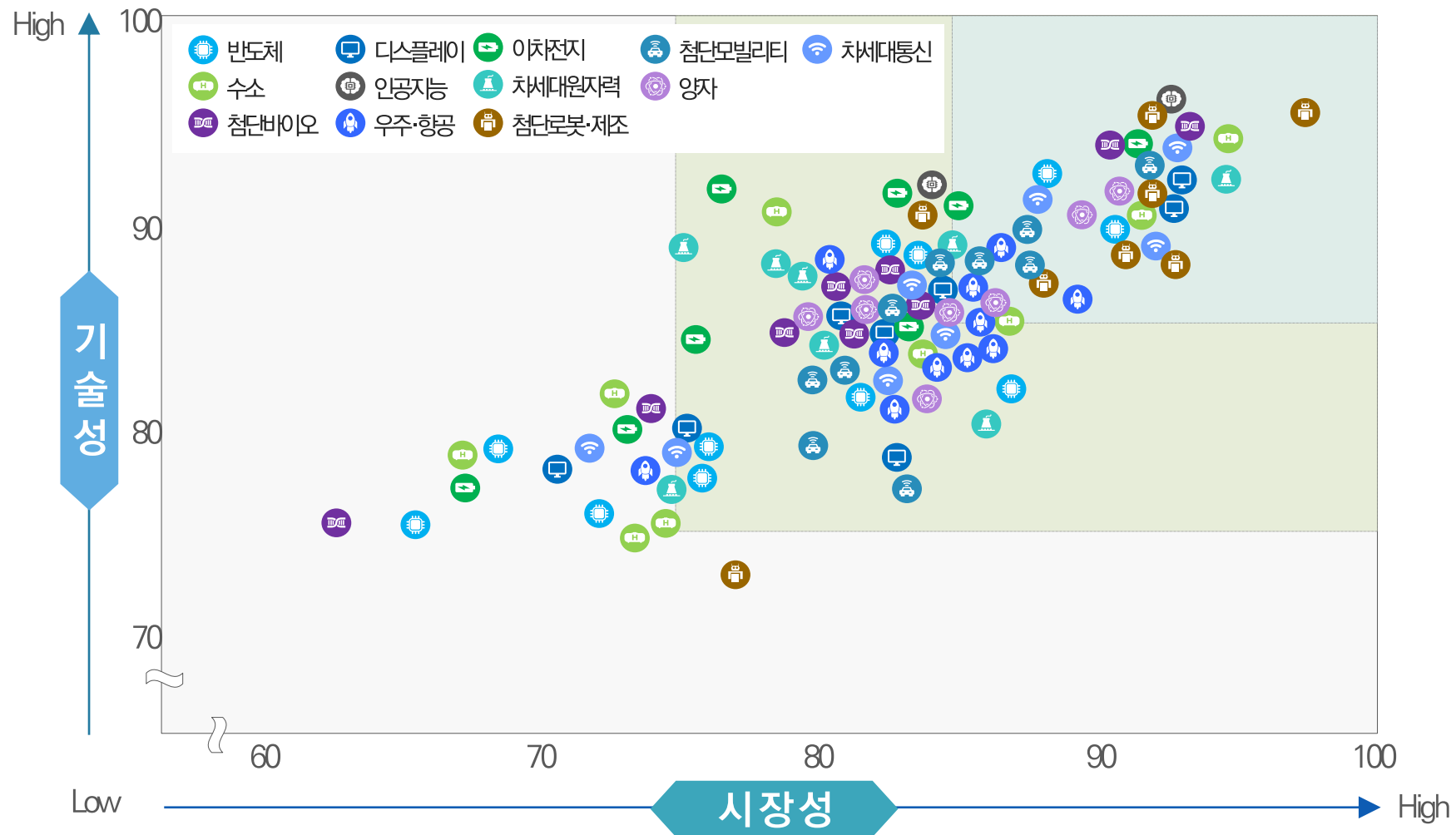


선택과 집중을 통한 임무중심형 100대 미래소재 발굴

I. 미래소재 확보전략 : 우주·항공 분야 미래소재 중장기 기술로드맵

우주·항공 미래소재	1단계						2단계					3단계				우주·항공 초격차소재
	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35		
우주항공용 초경량·고강도 동시구현 복합소재	경량화에 따른 물성 저하	초경량·고강도 섬유 소재 (복합소재 비강도: 2.4N/tex, 비강성: 240N/tex)					초경량·고강도 복합소재 제조기술 (비강도: 2.7N/tex, 비강성: 270N/tex)					경량화·강도 특성 극대화 (비강도: 3N/tex, 비강성: 300N/tex)				초경량/고강도/ 고강성/고인성 소재
항공기 가스터빈 엔진 고온부용 초내열 CMC 소재	섬유강화복합재 (세라믹)	고온인장 및 크립강도 만족 소재 (고온인장: 130MPa, 크립: 100MPa@1310°C)					고온인장·크립강도 향상 소재 (고온인장: 150MPa, 크립: 80MPa@1450°C)					고온인장 및 크립 극대화 (고온인장: 165MPa, 크립: 100MPa@1450°C)				
항공기체용 강도·인성·강성 동시 향상 알루미늄 소재	알루미늄 합금 (500~550MPa)	고강도·인성·강성 알루미늄 소재 (강도: 620MPa, 탄성계수: 75GPa)					고강도·인성·강성 동시향상 신소재 (강도: 670MPa, 탄성계수: 78GPa)					고강도·인성·강성 극대화 (강도: 700MPa, 탄성계수: 80GPa)				
우주 극한 환경 비행체용 초경량 태양광 에너지 변환소재	우주환경 광 변환소재 (우주환경: 60%)	초경량 광에너지 변환소재 (우주환경: 60%, 경량 소재 변환 효율 ≥25%)					고출력 경량 광에너지 변환소재 (우주환경: 80%, 무게당 출력비 ≥10W/g)					고안전성 광에너지 변환소재 (우주환경: 95%, 무게당 출력비 ≥30W/g)				
항공엔진 고온부품용 저비용/저비용 초내열 금속소재	초내열 합금 (Fe+Ru: 11wt% ↓)	합금원소 개선 초내열합금 (Fe+Ru: 6wt% ↓, 500시간 이상)					내열 성능 향상 소재 (800시간 이상 @1100°C 137MPa)					1100°C급 저비용 초내열 합금 확보 (1000시간 이상 @1100°C 137MPa)				우주 환경 대응 소재 초고온/극저온/내환경 대응 소재
위성체용 고방열·고인성·저열변형 경량금속소재	저열변형 경량금속 (열전도도≥120W/mK)	경량금속 열전도도 개선 (열전도도≥140W/mK, 열팽창계수 12ppm/°C)					경량금속 열팽창 및 비강도 개선 (비강도@RT≥100MPa/(g/cc), 열팽창계수 8ppm/°C)					고방열 저열변형 경량금속 확보				
우주탐사용 초극저온 감응형 초고인성 금속소재	강도·연성지수(4K-RT) (≥30,000MPa·%)	강도·연성지수 개선(4K-RT) (≥ 32,000MPa·%)					강도·연성지수 증폭(4K-RT) (≥ 36,000MPa·%)					물성평가 기술 확보 (20K~4K) 초고인성 금속소재 확보				
위성 공간전개 구조체용 유연 고분자 탄소복합재	유연 탄소복합재 (Bending Radius > 50mm)	전개가능 유연 탄소복합재 (Bending Radius < 50mm)					우주환경 대응 유연고분자 복합소재 (Bending Radius < 20mm, CVCV < 0.01%)					우주환경 대응 유연 복합재 안정화 (Bending Radius < 10mm, CVCV < 0.005%)				
우주 발사체용 저발화성·고인성 적층제조 내열소재	저발화 내열소재 *최고 선진국 대비 70%	저발화성 내열소재 (발화온도 ≥ 750K, 크리프 연성 ≥ 7%)					저발화·고인성 동시구현 내열소재 (발화온도 ≥ 800K, 크리프 연성 ≥ 10%)					극한 환경 대응 내열소재 (발화온도 ≥ 820K, 크리프 연성 ≥ 10%)				맞춤형 온사이트 제조 공정용 소재
우주환경용 열화저항 적층제조 경량금속소재	우주 환경 소재 적층 기술 부재	우주 환경 저항 성능유지소재 (방사선 조사 후 항복강도 ≥ 50 MPa)					우주 환경 생산·수리·재사용 및 자급자족이 가능한 공정기술 (적층속도: 50 ≥ cm³/h, 상대밀도 ≥ 98%)									
우주발사체 극저온 Linerless 추진체 탱크용 고분자 복합소재	극저온 복합소재 (기존 상용소재 無)	극저온 복합소재 설계 및 합성 (수지열팽창계수: ≤ 50 με/K)					극저온 복합소재 물성 개선 (수지열팽창계수: ≤ 45 με/K)					극저온·고인성·저열팽창 복합소재				고효율 친환경 추진체 및 저소음 소재 자속가능 대기권 재진입 비행체 소재

I. 미래소재 확보전략 : 효율적 투자를 위한 미래소재 유효성 검토



I. 미래소재 확보전략 : 미래소재 민관 협의체 구성 운영



기획위원은 한국연구재단 기획마루를 통해 공개 모집('23.11월 약 250여명 지원)



II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 추진배경

“장기간 투자” “승자독식”

소재분야 원천기술
확보 필요성 증대

데이터와
인공지능(AI)*을 활용한
소재 R&D 패러다임 변화
* 구글놈(GNoME), LG 엑사원 2.0 등

AI 활용 데이터 관련
보안과 지식재산권
대응 필요

“ 데이터 활용 미래소재 개발 가속화를 위해
데이터 생성·수집·저장·가공·활용 등 전 과정에 대한 체계화·고도화 필요 ”

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 국내외 관련 현황

» 국외현황

미국



정책 소재 게놈 이니셔티브(MGI, 2011)
물질의 발견·설계·개발·배포 가속화를 위한 전략 마련

사업 Materials Project
무기재료 약 70만개 대상 계산물성 제공
AFLOW
화합물 353만개 대상 계산물성 제공 및 AI 모델 개발

※ 재료탐색 AI 모델 구글놈(GNoME) 활용
: 220만개 新무기화합물 발견 및 안정성 확보 물질 38만
1000개 판단 성공(네이처, '23.11월)

EU



정책 첨단소재 2030전략 (2022)
유럽 4대 기술 플랫폼* 중심으로 450개의 산·학·연 기관이 이행
* EMIRI, EUMAT, SUSCHEM, MANUFUTURE

사업 NOMAD 소재 계산물성 무료 데이터 관리·공유
→ 실험데이터로 확대 중
EMMC 재료 모델링과 디지털화의 통합을 촉진·지원하는 네트워크
EMCC 유럽 나노물질 및 첨단재료의 상용화 커뮤니티 구축

일본



정책 소재혁신전략 (2021)
디지털 기술 활용 소재 개발 혁신 등 데이터 중심의 연구개발 플랫폼 강화 선언

사업 DICE 통합플랫폼에서 MatNavi, RDE 등
재료과학분야 데이터 생성·수집·사용 서비스 제공

중국



정책 소재 게놈 엔지니어링 (MGE, 2016)
다양한 소재 데이터의 등록·관리·공유 및 사용자 편의성 제고

사업 NMDMS
87개 소재군 1,225만건 데이터 등록,
1,912건 사용자 정의 템플릿 확보('21년 기준)

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 국내외 관련 현황

» 국내현황

연구동향

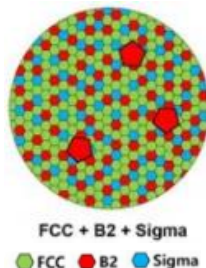
계산데이터를 활용한
신소재 설계 우수성과 확보

▶ 극한환경용 고엔트로피합금 개발

포항공대 김형섭, 2016~2022

모델링과 데이터베이스 활용
초소성 고엔트로피합금 신소재 개발 및 스케일 업
→ 산업화 연계

※ 초소성 : 재료가 끊어지거나 찢어지지 않고
원래 크기보다 5배 이상 늘어날 수 있는 성질



LG 엑사원 디스커버리 공개
(신소재, 신물질 등 미래 먹거리 발굴)

4500만건 논문, 특허 등 전문 문헌과 3억 5000만장 이미지를
학습시킨 엑사원 2.0 기반(23.7월)

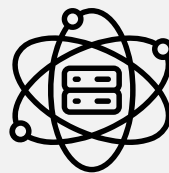
플랫폼 구축



국가소재데이터스테이션(K-MDS)

3대 응용분야* 소재 문헌데이터 수집, 소재 연구데이터
표준어휘 마련

* 에너지환경, 스마트IT, 구조안전



가상공학플랫폼

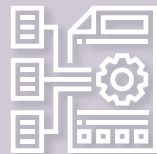
5대 산업 분야*의 소재 선택, 공정설계, 시험평가
시뮬레이션 SW, AI모델 개발

* 금속(재료연), 화학(화학연), 섬유(다이텍연구원),
세라믹·전자(세라믹기술원), 기계·자동차(기계연)

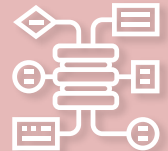
기존의 DB를 통합하고 계산데이터에서 실험데이터로 수집을 확대하는
글로벌 동향에 발맞추어
“ 국내 소재데이터를 결집하고, 해외와의 협력 확대 및
실험데이터 확보 강화 필요 ”

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 시사점과 개선방안

01 데이터를 활용한
전주기 소재 연구개발의
아키텍처·분류 설계 필요



02 한정된 자원으로
최적의 데이터 확보를 위한
전략성 제고 필요



03 기반 혁신을 통한
소재 연구개발 환경
저변 확대



04 이용자 중심
다양한 서비스 제공을 통한
플랫폼 활성화 필요



II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 비전 및 목표



국내 소재연구기반 혁신을 통한 신소재 개발 가속화

1 2030 고품질 소재 연구데이터
300만건 확보

2 플랫폼 활용 2030 비용·기간
단축 대표 성공 사례 20건 창출

추진전략

전략성 제고

체계·기반 고도화

생태계 플랫폼 활성화

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 소재연구데이터 정의와 분류체계

» 소재연구데이터란?

소재 연구 및 개발(R&D) 과정에서 생성되는
소재의 조성(성분), 구조, 특성, 제조공정과 같은 다양한 정보

» 데이터 중심 소재 분류체계

소재의 **전통적인 분류**(금속, 화학, 세라믹, 복합소재) **기반 응용 분야**(국가전략기술 기반 주요 응용 분야)를 **매칭**하여 분류체계 마련

소재 분류체계 예시 (반도체)



II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 주요 추진 내용

01 전략성 제고 : 임무중심으로 집중 투자

◦ 임무중심형 데이터 관리

집중투자방향 설정

경제적·기술적 우선순위가 높고(신소재), **산업적 파급력**이 큰 분야
(대체소재)를 중심으로 **데이터 기반 신소재 개발 투자 확대**

※ 국가전략기술 개발에 필수적이며, 데이터 확보·활용 통한 성과 창출 가속화 예상
분야에 우선 투자

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 주요 추진 내용

01 전략성 제고 : 활용성 높은 고품질 데이터 확보

◦ 임무중심형 데이터 관리

소재허브(HUB) 구축

소재 연구데이터를 수집·생성·활용하여 소재 전주기 R&D를 수행하는
데이터기반 차세대 신소재 개발 모델 구축 및 운영
(’24년 5개 과제 지원)

◦ 데이터의 양과 질 제고

양적 제고

수집 자동화를 통해 고품질 데이터의 다량 확보

- 국가R&D 과제 연구성과물 및 공정·측정·분석 데이터에서 핵심 데이터 자동 추출·저장
- AI 활용 최적 소재 설계와 실험·분석·검증 과정 자동화

질적 제고

AI 등 데이터 활용성을 고려하여 수집 데이터의 품질 관리

- 실험데이터 재현성 확보 및 오류데이터 활용으로 연구 효율성 제고
- 수집데이터 연구 기여도 및 활용도 높은 데이터 특성 분석 → 데이터 생산에 적용

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 주요 추진 내용

02 체계·기반 고도화 : DB 간 연계

◦ 개별 데이터베이스 간 연계 강화

한번에 접근

개별 데이터베이스의 소재 데이터를 하나의 플랫폼에서 검색·활용할 수 있는 구조로 플랫폼 역할 강화

플랫폼 역할

데이터 통합검색, 측정분석 프로토콜 제공, 가상설계 프로그램 구동 등 필수 역할 수행

데이터베이스 연계

개별 데이터베이스 특성을 분석하여 중앙 플랫폼과의 연계 전략 마련

소재 연구데이터 생태계 플랫폼

K-MDS
특화센터 데이터

국책 R&D
연구성과물 데이터

소재 HUB 데이터

연계

가상공학플랫폼

출연연 고유
플랫폼

해외 주요 플랫폼

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 주요 추진 내용

02 체계·기반 고도화 : 플랫폼 고도화

○ 기존 운영방식 개선 및 효율적인 추진체계로 개편

개편방향

기존 운영 결과를 바탕으로
K-MDS 사업 구조 개편하여 통합 플랫폼화

소재 연구데이터 생태계 플랫폼

K-MDS를 포함한 플랫폼을 새롭게 설계하여
데이터 수집·생산·활용 소재군을 확대,
데이터 관리체계 구축 및
웹 기반 AI 모델 개발실행 환경 설계·구축

소재 연구데이터 생태계 플랫폼

K-MDS



표준화 대상 소재 확대
국책 R&D (DMP), 출연연
기관 데이터 등에 확대 적용

데이터 수집·생산·활용 확대
소재 HUB
국내외 주요 소재 플랫폼·DB 연계

인프라 역할 확대

소재 전분야 분류체계 및 품질·보안
이용자 참여형 관리체계 확립

○ 소재·데이터 융합인재 양성

소재분야 전문가 대상으로 데이터의 핵심 지식을 교육하여
데이터사이언스 석·박사급 고급인력 양성 후 데이터를 활용한 소재연구 선도

II. 소재 연구데이터 활용 생태계 구축 전략 : 주요 추진 내용

03 생태계 플랫폼 활성화

◦ 이용자 편의 향상을 위한 플랫폼 제공 서비스 다각화

웹기반 서비스 제공 연구트렌드 제시 및 웹 기반 AI 개발 환경 지원

인센티브 구조 마련 커뮤니티를 구성하여 비공개 데이터 공유이전 유도, 연구데이터 가치평가/권리화 등 제도화 연구

◦ 이용자와의 연계 강화

플랫폼을 활용할 연구계와 산업계와의 피드백을 통해 플랫폼 활용성 제고

◦ 국내외 협력 추진

국가상공학플랫폼, Materials Project, MatNavi 등 국내외 플랫폼간 DB 상호 교차검색 및 활용 추진



Ⅲ. 과제 기획 과정

III. 과제 기획 과정 : 소재HUB



산학연 대상
수요조사 실시

✓ 국가전략기술분야 소재HUB 주제발굴 수요조사 실시

* 한국연구재단 인재풀 + 소재전문연구회 활용 ('23.11.16~11.22)

→ 총 112건의 소재HUB 수요조사 모집



전문가
심층검토

✓ 소재HUB 지원대상(연구주제) 후보 사전검토

* 총 6회 전문가 심층검토 진행

→ 총 47개의 소재HUB 지원대상 후보 사전선별

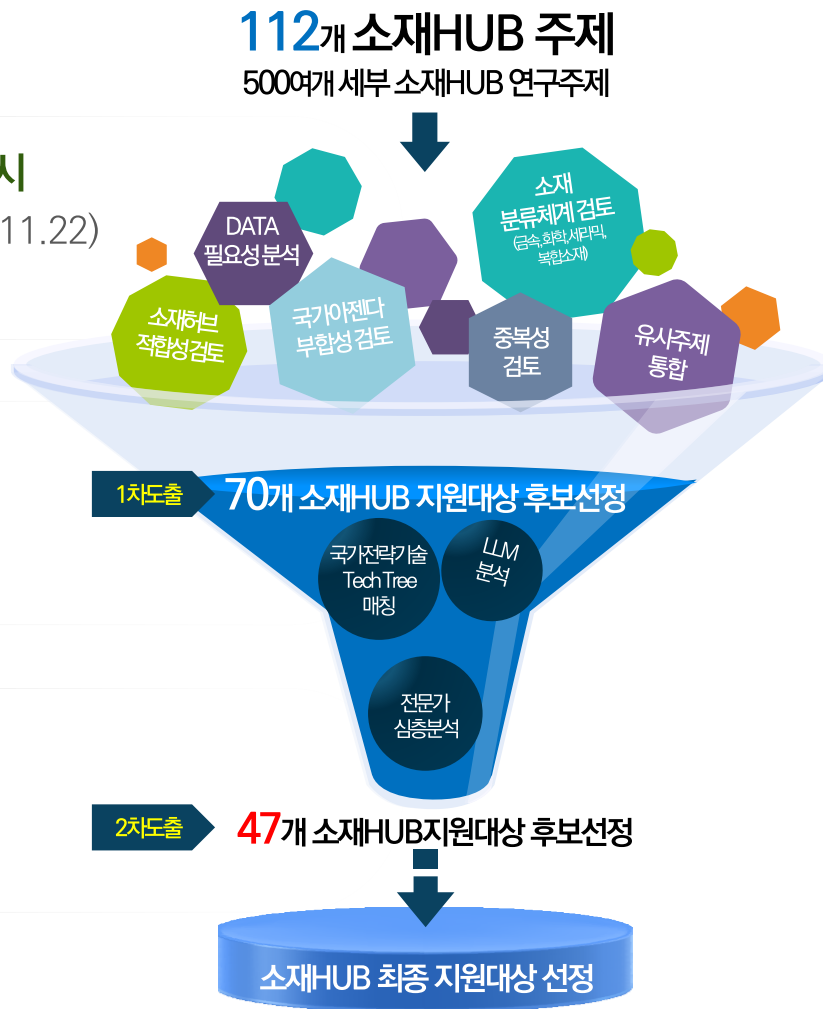


미래소재
민관협업체

✓ 최종 소재HUB 지원대상(연구주제) 평가 및 추천

* 소재별 3개 추천 + 1개 후보추천

→ 총 12개의 소재HUB 지원대상 추천



Ⅲ. 과제 기획 과정 : 2024년도 미래소재 추가 발굴





IV. 하반기 주요 지원계획

IV. 하반기 주요 지원 계획

① 소재HUB 구축 지원

- 데이터기반 차세대 신소재 개발 모델 구축 과제 5개 지원
- 3개 Top-down, 2개 연구자 자율주제
- 연간 약 30억원을 지원하며 총 5년 지원(2+3)
- 1단계 2년 간은 2팀이 경쟁(각 팀 '24년 7.5억원 지원)

금속

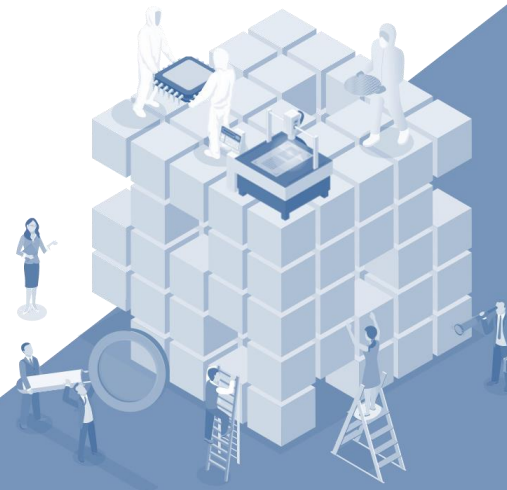
- ★모빌리티용 고비강도 경량 비철 금속소재
- ★우주항공용 초내열 비철 금속소재

세라믹

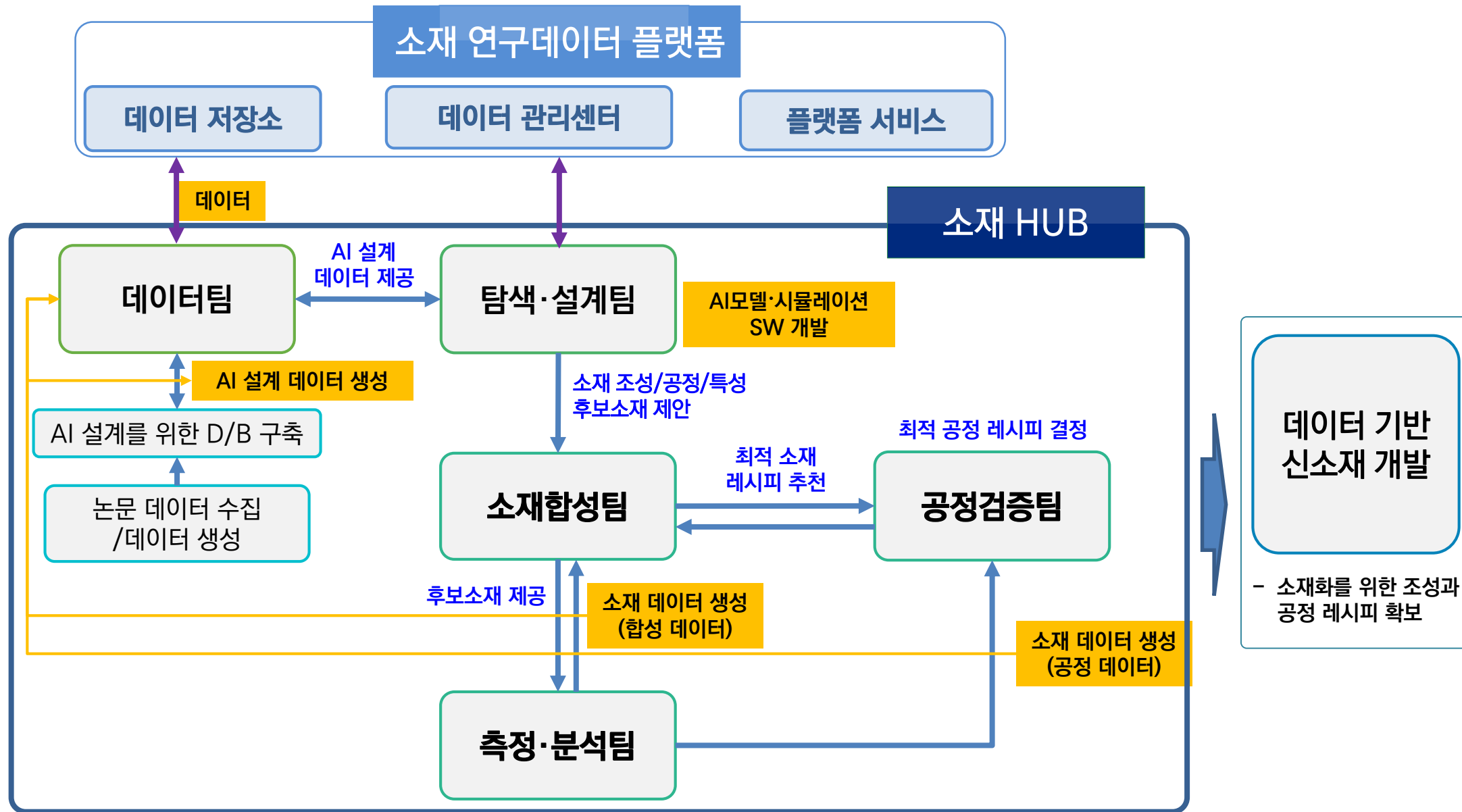
- ★반도체용 고전압 비산화물계 세라믹 소재
- ★반도체용 강유전체 산화물계 세라믹 소재

화학

- ★이차전지 양극재용 고용량 무기소재
- ★디스플레이용 유무기 하이브리드 소재

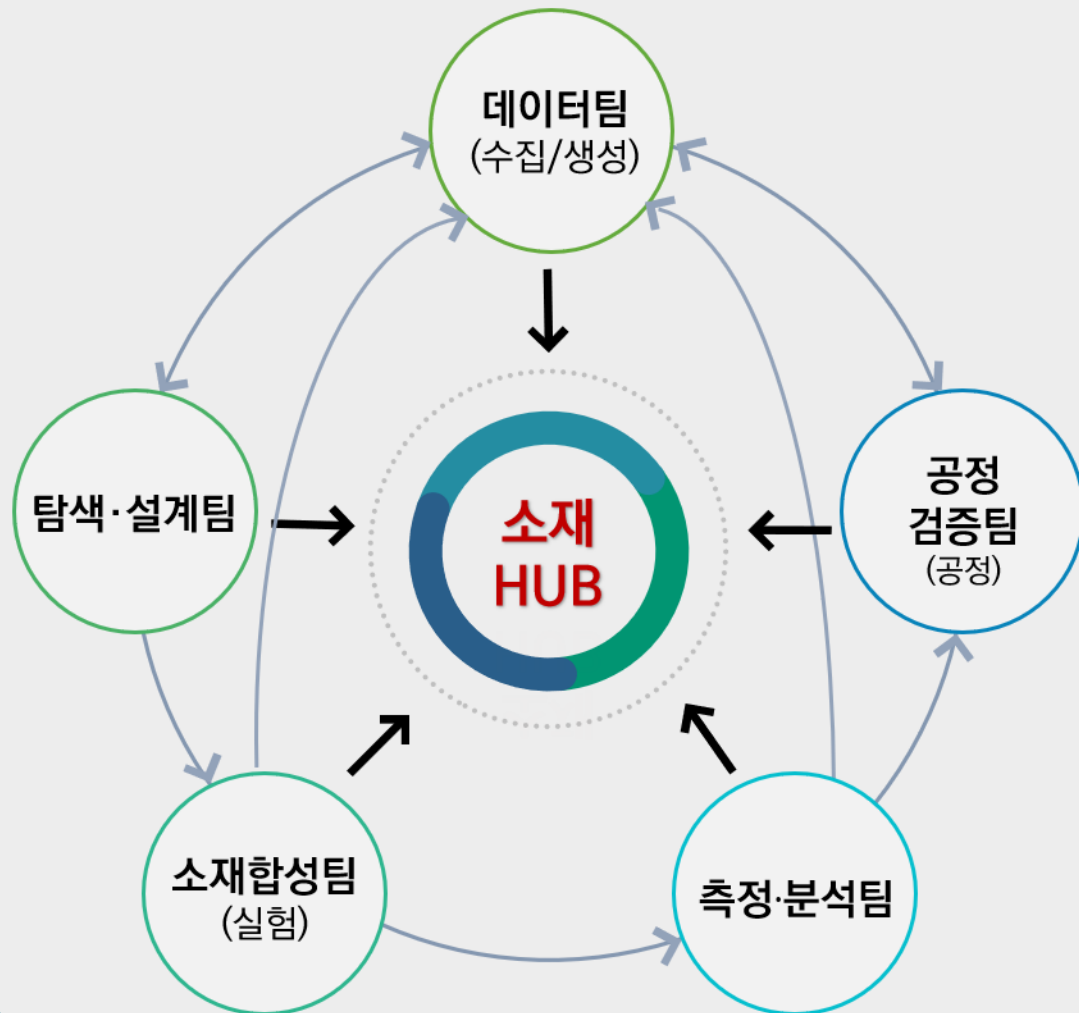


IV. 하반기 주요 지원 계획 : 소재HUB



IV. 하반기 주요 지원 계획 : 소재HUB

소재 HUB 체계(구성)



소재 HUB 역할

데이터팀

- 데이터 수집/생성/제공
- 소재허브 발생 데이터 관리
- KMDS 데이터 연계

탐색·설계팀

- 데이터 활용 AI모델 개발 등
- AI, 시뮬레이션 기반 소재 설계

소재합성팀

- 탐색설계 결과의 실험적 검증
- 소재화

측정·분석팀

- 실험적 검증을 위한 소재 측정/분석
- 데이터 품질관리(객관화)
- 소재 측정/분석 방법의 표준화

공정검증팀

- 공정데이터 생성 및 설계
- 소재물성 및 공정 재현성 검증

IV. 하반기 주요 지원 계획

② 국가전략기술소재 개발

- 12대 국가전략기술분야 미래소재 연구개발 지원
- 하반기 12개 과제 지원예정이며 연간 약 15억원 총 5년 지원(3+2)

③ 소재글로벌영커넥트

- 신진연구자의 12대 국가전략기술분야 미래소재 글로벌 R&D 지원
- 연구책임자(위탁/공동책임포함)와 국외연구자는 만 40세 이하여야 함
- 하반기 3개 과제 지원예정이며 연간 약 15억원 총 4년 지원(2+2)
- 1단계 2년 간은 2팀이 경쟁(각 팀 '24년 7.5억원 지원)

④ 하반기 과제 추진일정

RFP공고(4월) → 연구계획서 접수(5월) → 선정평가(6월) → 연구착수(7월)

〈별첨〉 극한소재 실증연구 기반조성 사업

① 사업 개요

- (사업목적) 극한소재 One-Stop 실증기반 구축 및 실증연구개발 지원을 통해 국가전략 극한소재 기술주권 확보 및 기술선도
- (추진주체) 과학기술정보통신부(한국연구재단, 한국재료연구원)
- (사업기간) 2023 ~ 2028년 (총 6년), ※ '22년 12월 예비타당성조사 통과
- (총사업비) 국비 2,580.5억원
- (사업내용) 초고온·극저온·특정극한 3개 분야 실증연구시설·장비 구축 및 실증연구 지원

② 추진단장 직위 개요

- (직위) 극한소재실증연구기반조성사업추진단(경남 창원) 추진단장
- (역할) 사업 추진 총괄 및 추진단 운영
- (처우) 연봉 약 130백만원, 임기 3년(연임 가능)

〈별첨〉 극한소재 실증연구 기반조성 사업

③ 추진단장 선임 절차

- 공고 및 접수(4월초) → 서류 및 면접(발표)평가(5월초) → 사업추진위원회 심의(5월말)
→ 과기정통부 장관 승인 및 임명(6월초)

④ 추진단장 주요 권한

- (연구과제 기획) 미래유망 극한소재 실증시스템 안착을 위해 극한소재 실증연구과제에 대한 사전 기획 권한 부여 ※ (예타결과) 28개 과제, 총 575억원
- (연구장비 사용) 실증연구장비 구축 이후 연구장비 사용에 대한 우선순위 사전 검토 ※ (예타결과) 1,414억원(국고), 44종(총 수량 207대 구축 예정)
- (과제 참여 허용 예정) 추진단장에게 연구과제 수행을 허용(1책 또는 1공)하여 연구자로서의 연구활동 보장 및 연구개발 경력 단절 방지

감사합니다.

Thank you



과학기술정보통신부