

최종보고서 초안 제출양식

과학기술정보통신부 장관 귀하

“소재기술 고급연구인력 현황분석 및 향후 인력양성 방향”에 관한 연구의
최종보고서(초안)를 별첨과 같이 제출합니다.

2023. 05. 17.

연구책임자 최현주

(인)

연구원 김용주

(인)

홍승현

(인)

성효경

(인)

안 내 문

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

과학기술정보통신부 장관 이 종 호

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “소재기술 고급연구인력 현황분석 및 향후 인력양성 방향 연구에 관한 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 05. 17.

연구기관명 : 국민대학교

연구책임자 : 최현주

연 구 원 : 김용주

연 구 원 : 홍승현

연 구 원 : 성효경

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

요 약 문

과제번호	2022R2A1A1094918	연구기간	2022년 09월 15일 ~ 2023년 05월 14일		
과제명	(한글) 소재기술 고급연구인력 현황분석 및 향후 인력양성 방향 연구 (영문) Analysis of the current status of research manpower in materials technology and research on the future direction of manpower development				
연구책임자 (주관연구기관)	최현주	참여 연구원수	총 4명	연구비	70,000 천원
요약					
<p><input type="checkbox"/> 신소재 과기인력 현황 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 전략적으로 중요한 소재 기술, 신소재 고급과기인력 부족현상 심화 <input type="radio"/> 신소재 과기인력 분야 편중, 박사급 과기인력 공급 부족 <input type="radio"/> 신소재 Domain knowledge와 데이터 활용능력을 동시에 갖춘 인력 수요 급증 <input type="radio"/> 미래산업에 필수적인 새로운 소재 개발을 선도할 수 있는 <p style="margin-left: 20px;">Data-driven 신소재 고급과기인력의 절대적 부족 및 관련 양성사업의 부재</p> <p><input type="checkbox"/> 신소재 과기인력 양성 방향</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 신소재전공자에 특화된 Data-driven 교육 필요 <input type="radio"/> Data-driven 연구 문화 확산을 위한 거점센터 구축 필요 <input type="radio"/> 인력 유익 확대 및 특화 프로그램을 통한 전문화 필요 <input type="radio"/> 개방성/역동성 있는 인재 생태계 구축 및 선순환 구조 확보 필요 					
비공개 사유				비공개 기간	

목차

1장 연구 개요	1
제 1절 소요제기서	1
제 2절 연구목표	2
제 3절 연구내용 및 추진전략	2
2장 신소재 고급과기인력 양성 배경 및 정의	5
제 1절 배경 및 필요성	5
제 2절 Data-driven 신소재 고급과기인력의 정의 및 범위	12
3장 신소재 과기인력 양성 현황 분석	15
제 1절 주요국 고급과기인력양성 정책 동향	15
제 2절 주요국 Data-driven 과기인력양성 정책 동향	24
제 3절 우리나라 소재인력양성 현황 분석	29
제 4절 우리나라 정부 주도 인력양성 사업 현황 분석	37
4장 신소재 과기인력 추진전략 및 운영방안	55
제 1절 신소재 과기인력양성 추진 방향	55
제 2절 Data-driven 신소재 고급과기인력 양성사업 목표 및 추진전략	56
제 3절 Data-driven 신소재 고급과기인력 양성사업 추진체계	58
제 4절 4대 추진 과제	61
제 5절 Data-driven 신소재 고급과기인력 양성사업 세부 운영방안	69
5장 기대 효과	96

1장 연구 개요

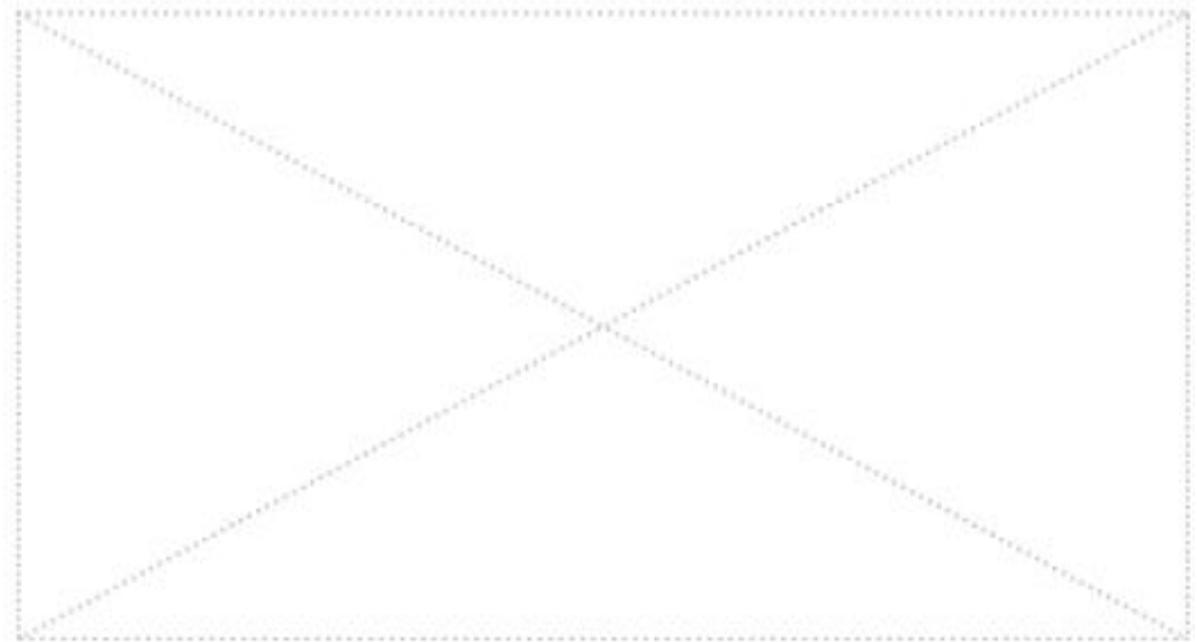
제 1 절 소요제기서

과제명	소재기술 고급연구인력 현황분석 및 향후 인력양성 방향 연구
연구목표	<input type="checkbox"/> 국가필수전략기술(디스플레이, 수소, 원자력, 청정에너지 등)과 연계한 소재기술분야 고급연구인력의 현황분석 및 양성 방안 마련 <input type="checkbox"/> 소재기술분야 고급인력양성 관련 추진전략 마련 및 추진방안 수립
연구 내용 및 범위	<input type="checkbox"/> 관련 현황 분석 및 소재관련 기업의 수요를 반영한 주요 이슈 도출 <ul style="list-style-type: none"> ○ (현황분석) 국가필수전략기술 중 소재분야 연구 인력 및 관련 지원사업 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 및 연구지원 인력 양성 현황 분석을 통한 추진방향 설정 및 고급연구인력 현황 조사 - 국내 지역별 분포 및 관련 연구기관, 대학 현황 조사 - 인력 수급(부족현황) 조사 - 기추진된 인력양성사업(과기부, 산업부 등) 정부지원사업 현황 분석 ○ (수요분석) 관련 분야 수요 분석, 전문가 의견 수렴 <ul style="list-style-type: none"> - 각 소재별 대표수요기업 리스트 선정 및 기업수요를 반영한 교육프로그램 조사 분석 <input type="checkbox"/> 상세 추진 전략 및 세부운영방안 수립 <ul style="list-style-type: none"> ○ 상위계획과의 부합성, 기존 사업과의 차별성 및 연계성, 기술개발계획의 적절성 및 성공가능성, 사업추진 상의 위험요인 및 대응방안 등 기획 ○ 소재분야 고급 인재양성 확대 방안 및 사업 추진체계, 교육 커리큘럼 등 세부 운영방안 기획 ○ 소재분야 연구개발에 필수적인 이론, 공정, 측정 분석 등 교육프로그램 구성방안 수립 ○ 사업 추진체계, 단계별·연도별 추진계획 및 소요예산 산출 ○ 소재분야 연구 관련 민간 기업·대학 등의 연구수요에 적극 대응하기 위한 현장형 고급연구인력 육성 방안 마련 및 상세기획연구 추진 ○ 기타 신규 사업의 상세기획에 필요한 사항 등 <input type="checkbox"/> 사업 추진의 타당성 및 파급효과 도출 <ul style="list-style-type: none"> ○ 소재분야 인력양성 사업 성과지표 및 목표치 설정·제시 <ul style="list-style-type: none"> - 소재부품장비 고급인력의 활용 및 민간연계방안 등 마련 - 과학기술적 및 경제사회적 파급효과 분석(산업생태계 구축 및 신산업 창출 전망, 비용-효과 분석 등) ○ 사업 추진의 타당성, 시의성, 필요성 분석, 국고 지원의 필요성 도출 ○ 소재분야 전문 연구인력 양성 교육 현황 및 수요 분석을 통한 인력 양성 사업의 효율적 추진
연구 추진방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 학·연·산 전문가를 활용한 기획/자문위원회 구성 운영등을 통한 추진전략 정책방향 도출 ○ 설문 및 수요조사, 의견수렴(토론회, 공청회, 전문가 자문) 등 현장형 연구인력 육성·활용 방안 마련

제 2 절 연구목표

- 국가필수전략기술(디스플레이, 수소, 원자력, 청정에너지 등)과 연계한 소재기술분야 고급연구인력의 현황분석 및 양성 방안 마련
- 소재기술분야 고급인력양성 관련 추진전략 마련 및 추진방안 수립

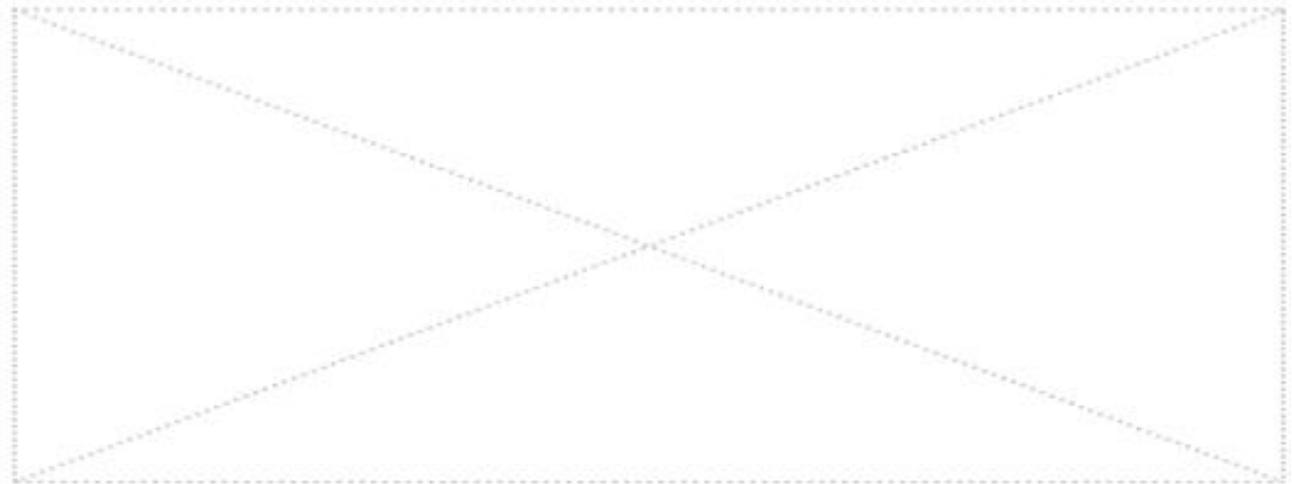
제 3 절 연구내용 및 추진전략



□ 관련 현황분석 및 소재관련 기업의 수요를 반영한 주요 이슈 도출

- (현황분석) 국가필수전략기술 중 소재분야 연구인력 및 관련 지원사업 분석
 - 소재 5대 분야(전자소재, 정보소재, 구조소재, 에너지소재, 바이오소재)의 기초 연구 개념, 특성 분석 및 국가 필수전략 기술과의 연계성 분석
 - 소재 분야 연구인력 개념 정립 및 규모 파악
 - 연구 인력양성 현황분석을 통한 추진 방향 설정
 - 연구인력 현황 조사
 - 소재 분야 연구 인력양성 관련 정책의 추진 과정을 조사하고, 주요 내용 및 인력 관련 주요 내용·성과 등 분석
 - 기존 문헌 자료 조사를 통해 미국, EU, 중국, 일본 등 주요국의 인재 육성 사업 및 지원 프로그램 등에 대한 상세 조사
 - 기추진된 인력양성사업(과기부, 산업부 등) 정부 지원사업 현황분석
- (수요분석) 관련 분야 수요 분석, 전문가 의견 수렴
 - 전문가·종사자 등을 대상으로 인력양성 관련 현장의 이슈 및 개선사항 조사
 - 각 소재별 대표수요기업 리스트 선정 및 기업 수요를 반영한 교육프로그램 조사 분석
 - 기술·산업구조 변화에 따른 기업에서 요구되는 직무역량 변화 분석

□ 상세 추진전략 및 세부 운영방안 수립



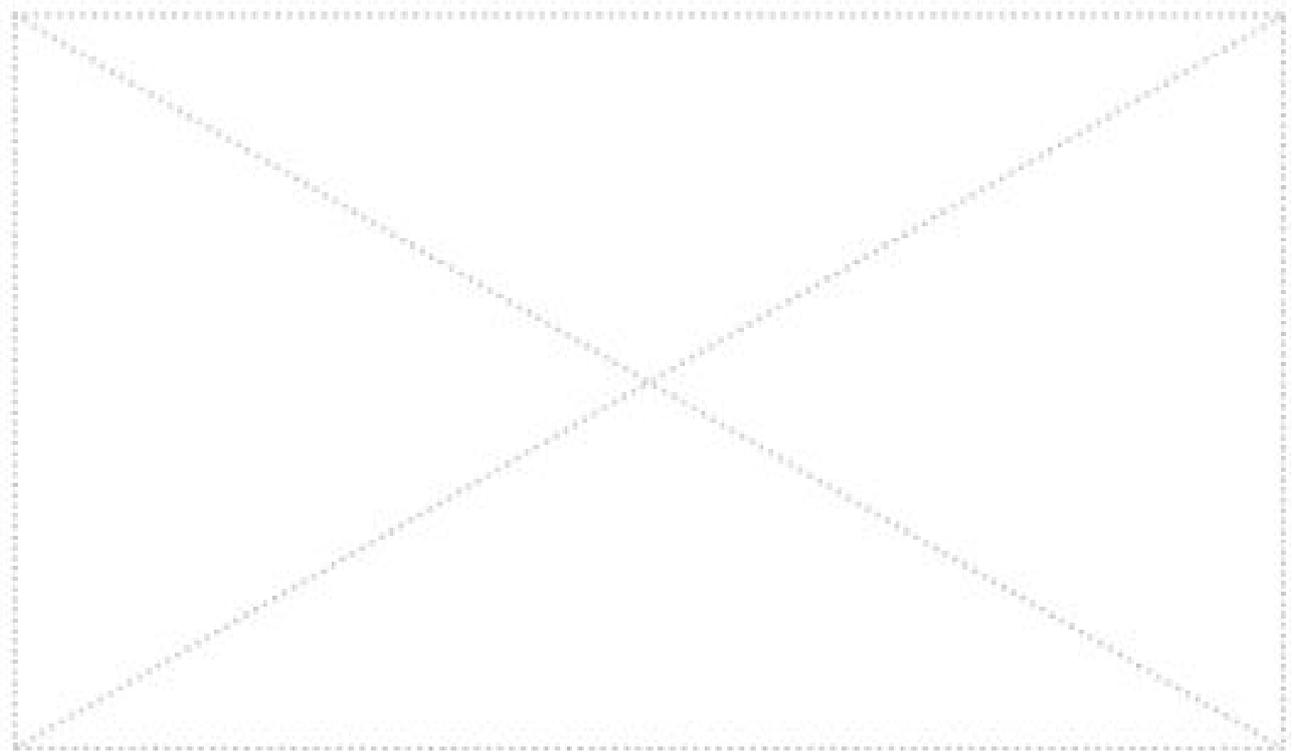
- 상위계획과의 부합성, 기존 사업과의 차별성 및 연계성, 기술 개발계획의 적절성 및 성공 가능성, 사업추진 상의 위험요인 및 대응 방안 등 기획
- 소재 분야의 특성을 반영한 성과지표 개발 및 적용을 통한 역량 분석, 전문가 그룹 및 연구 현장 의견 수렴을 통한 성과지표 및 분석 결과의 객관성 평가
- 소재 분야 고급인재양성 확대 방안 및 사업 추진체계, 교육 커리큘럼 등 세부 운영방안 기획
- 잠재인력 활용을 위한 대학(원)생, 박사후연구원, 고경력 전문인력, 미취업자 등 다양한 대상별 인재 양성 방안 마련
- 소재 분야 연구개발에 필수적인 이론, 공정, 측정 분석 등 교육프로그램 구성 방안 수립
- 사업 추진체계, 단계별·연도별 추진계획 및 소요 예산 산출
- 소재 분야 연구 관련 민간 기업·대학 등의 연구수요에 적극 대응하기 위한 현장형 고급연구인력 육성 방안 마련 및 상세 기획연구 추진
- 기타 신규 사업의 상세 기획에 필요한 사항 등

□ 사업추진의 타당성 및 파급효과 도출

- 소재분야 인력양성 사업 성과지표 및 목표치 설정·제시
 - 소재부품장비 고급인력의 활용 및 민간연계 방안 등 마련
 - 과학 기술적 및 경제 사회적 파급효과 분석(산업생태계 구축 및 신산업 창출 전망, 비용-효과 분석 등)
- 사업추진의 타당성, 시의성, 필요성 분석, 국고 지원의 필요성 도출
- 소재분야 전문 연구인력 양성 교육 현황 및 수요 분석을 통한 인력 양성 사업의 효율적 추진
 - 소재 분야 연구인력의 성장·활동 지원 등을 위한 신규 사업추진 및 기존 사업 개선
 - 연구과제 지원 및 인력양성 사업 등에 있어 과제 성격 및 연구인력의 성장·진로를 고려한 맞춤형 지원체계 구축
- 저출산과 고령화로 인한 인력 감소와 코로나19로 인한 노동환경 변화, 무역분쟁 등 급변하는 상황에 대응하기 위한 인력의 효율적 활용방안 모색

2장 신소재 고급과기인력 양성 배경 및 정의

제 1 절 배경 및 필요성

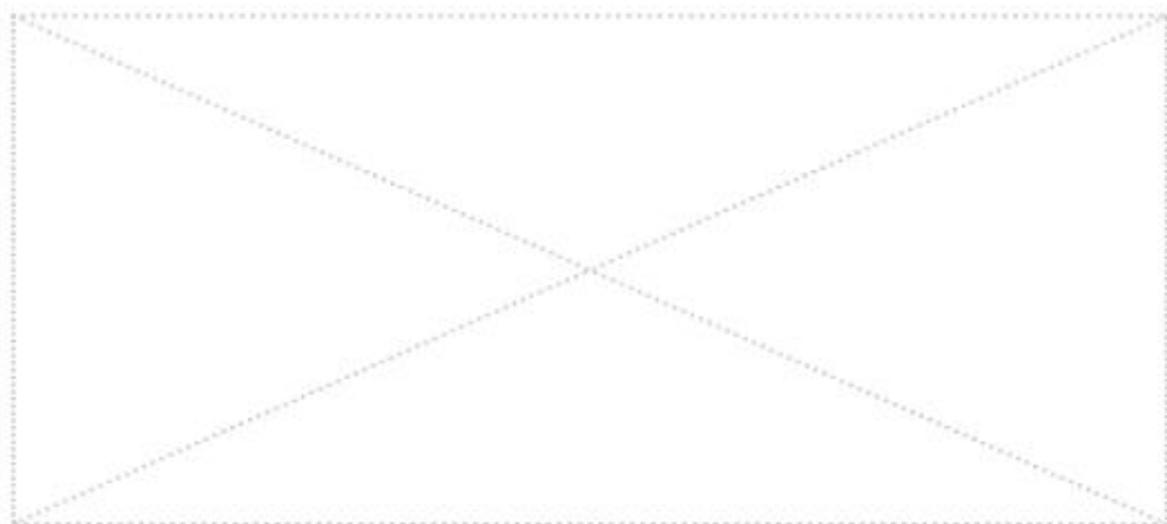


- (사회적 배경) 패러다임 전환이 가속화되는 대전환의 시대에 대응할 수 있는 신소재 고급과기인력 양성 필요
 - 국가 간 무역 갈등, 기후변화 등으로 **불확실성이 증대**되는 가운데 세계 경제 및 사회 **패러다임 전환이 가속화**되는 시점에 미래사회에 대응할 수 있는 신소재 개발/확보를 위한 고급과기인력 양성 필요성 증가
 - 미래사회의 불확실성이 증대되는 시점에 **자국 보호, 국가 전략기술 및 전략 소재 패러다임 전환에의 대응, 미래 신산업 주도권 확보**를 위해, 세계 각국은 미래소재 선점의 핵심 동력 원이 되는 인재 육성 및 영입에 사활을 걸고 있는 상황
 - 중장기적으로 재편될 글로벌 밸류체인에 신규 진입하기 위해서는 기존 상용소재 대비 품질, 단가 등에서 경쟁력이 있어야 하며, 코로나19의 팬데믹화에 따라 기업들의 글로벌 공급망 다변화가 가속화되어 코로나 등 외부 충격에 취약한 생산방식을 스마트 제조로 전환할 수 있는 산업 지능화가 시급함. 즉, 실험계획법, 인공지능, 집적계산과학, 스마트팩토리, 가상공학, 디지털 트윈 등 새로운 연구방법론에 대한 전문적 역량을 지니고, 이를 빠른 속도로 산업계에 확산할 수 있는 신소재 고급과기인력 양성이 필요함
 - 기술 패권 시대, 신소재 기술 주권 확보를 위해 가장 중요한 요소는 인재의 확보지만, 신소재 고급과기인력 공급 부족 심화
 - (양적 위기) 저출산 현상이 장기간 지속되어 심각한 인구절벽 시대에 진입하고 있으며, 학령 인구 감소와 더불어 이공계 진학자 수 또한 줄어들고 있어 신소재 과학기술인력 부족 위기 봉착인구 절벽으로 과기인력 공급이 부족

- (질적 위기) 정책적 노력을 통해 과학기술 인재에 대한 투자 규모를 점차 확대해 왔으나, 미래 신산업에서 필요로 하는 신소재의 원천기술을 확보할 수 있는 선도형 과학기술 고급인력 부족 및 인력의 편중 문제 심화

□ (정책적 배경) 제4차 과학기술인재 육성지원 기본계획, 12대 국가전략기술 등 정부 정책 방향에 부합한 신소재 고급과학기술인력 양성 요구

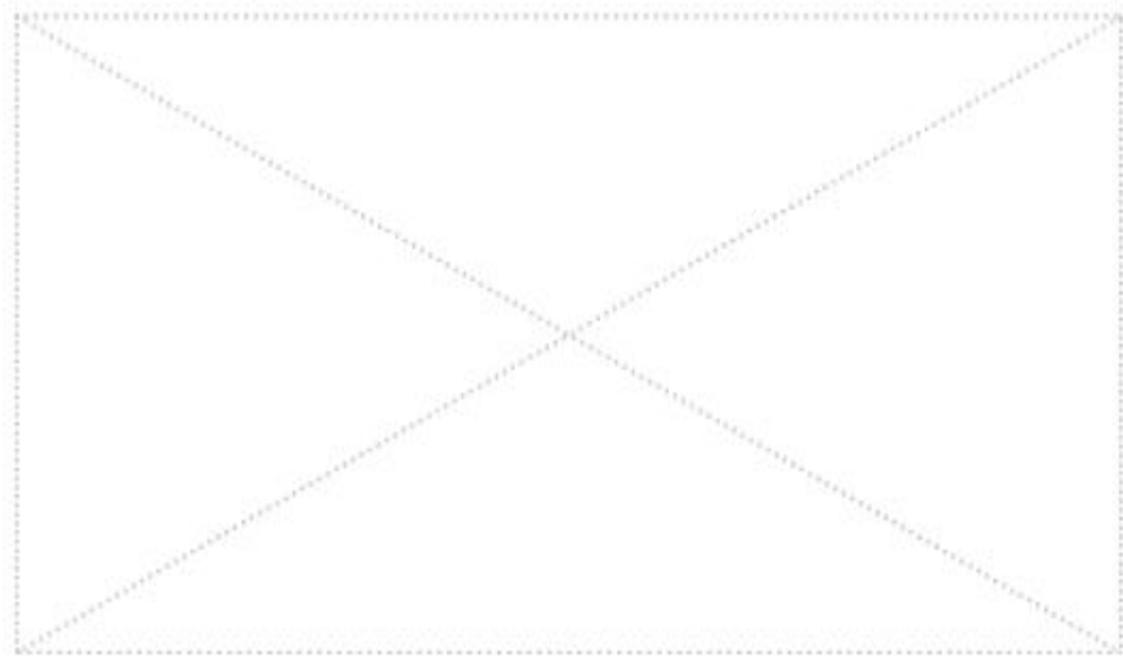
- 과학기술정보통신부의 제4차 과학기술인재 육성지원 기본계획 및 소재부품장비산업법, 지능정보화기본법 등 국가 정책 방향에 부합한 신소재 고급과학기술인력 양성 필요
 - 소재기술 자립화를 위해 제4차 과학기술인재 육성지원 기본계획에 부합한 미래 유망분야의 혁신을 선도할 수 있는 신소재 과학인력 양성사업 추진 필요
 - *제1차 국가연구개발 중장기 투자전략(2023~2027)의 4대 전략 ‘미래대응 과학기술 기반 확충’을 위한 과제 ‘인력양성: 대학원 연구·교육 혁신, 산·학·연 협동 인재양성’에 부합할 수 있는 인력양성 사업 필요
 - *제1차 국가연구개발 중장기 투자전략(2023~2027)의 23대 과제 ‘12대 국가전략기술에 25조원 투자’, ‘인공지능·통신 등 혁신기술 기반 디지털 전환’, ‘소·부·장 핵심기술 및 미래먹거리 확보’의 전후방을 지원할 수 있는 인재 양성 필요
 - 격변하는 디지털 시대에 대응하기 위해 디지털·전문역량이 강화된 신소재 과학인력 양성사업 추진 필요
- (국가전략기술 뒷받침 미래소재 확보의 핵심 구동력) 12대 국가전략기술의 필수 소재를 선점하고, 기술패권 경쟁에서 우위 확보할 수 있는 신소재 고급과학기술인력 양성 필요
 - 12대 국가전략기술별 급변하는 기술환경에 대응할 수 있는 고성능 신소재 개발 요구가 심화될 예정이지만, 신소재 고급과학기술인력의 공급이 혁신선도(전후방 파급효과가 큰 우리경제·산업의 버팀목 기술군)분야에 편중되어 있어, 미래 도전(급격한 성장과 국가안보 관점 핵심 이익 좌우 기술군) 및 필수기반(체제 전환에 따른 전 기술·산업의 공통 핵심·필수기반 기술군) 등 전략적 인력양성 및 인력수급 불균형 해소 필요



<그림 1> 전문가 패널 토론을 통해 도출된 12대 국가전략기술 경쟁 우위 선점을 위해 필수적인 소재 기술

□ (기술적 배경) 신소재 개발 패러다임 변화에 대응할 수 있는 Data-driven 신소재 연구인력 양성 필요

- 신소재 개발 난이도 증가와 데이터 기반 (data-driven) 신소재 개발로의 패러다임 전환
 - 미래시장 선점을 위해 소재 개발기간 단축(가속화), 공급망(자원고갈, 전략자원 최소 사용), 친환경(탄소중립)을 동시에 고려한 소재 개발 필요성 증가 → 소재 개발 난이도 증가
 - 신소재 개발의 패러다임 변화: 기존 시행착오 방식에서 소재의 설계, 구현 및 제조, 측정 평가에 이르기까지 데이터 기반의 신소재 연구방법론 확산



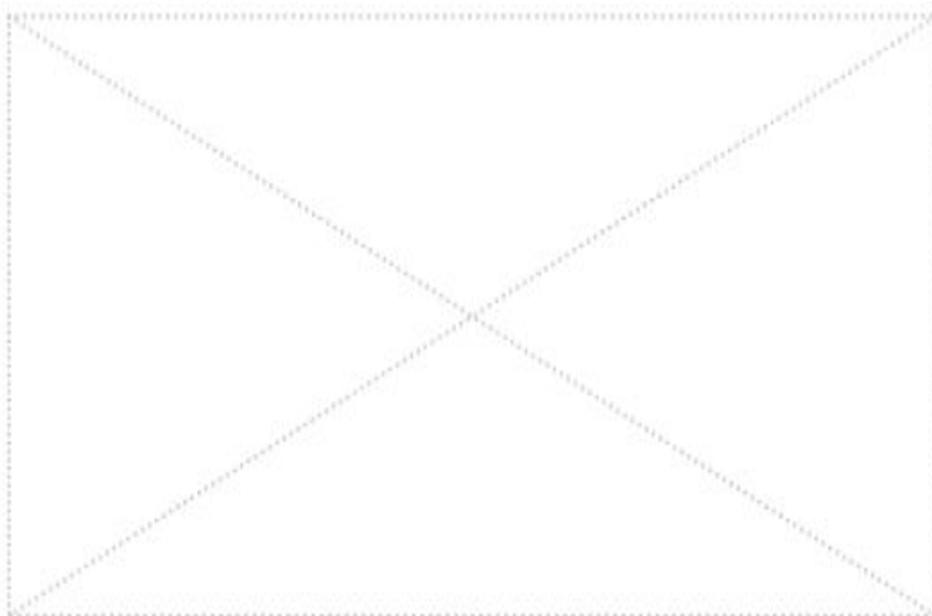
<그림 2> 산업 패러다임 변화 가속화에 따른 신소재 개발 패러다임 변화

- 최근 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 신소재 개발의 성공적인 사례가 많아지면서 이에 대한 관심이 늘어나고 있음
- 소재의 구조 (원자구조, 결정구조, 더 크게는 분자들의 상대적 위치)가 주어지면 컴퓨터 시뮬레이션을 이용해 다양한 방법론 (양자역학, 고전역학, 통계물리 등)으로 그 특성을 예측할 수 있는데, 컴퓨터의 발달 및 시뮬레이션을 위한 기초 물리화학적 이론이 발달함에 따라서 그 예측 정확도가 날로 높아지고 있음
- 따라서 이는 자연스럽게 상당히 낮은 오차를 가지는 빅데이터 생산으로 이어지고 있으며, 생산된 빅데이터와 인공지능 기술을 이용해 data-driven 기반의 새로운 신소재 개발에 박차를 가하고 있음
- 인공지능 기술의 출현은 1900년도 중반으로 올라가야 하지만, 이미지 처리의 정확도가 올라간 2000년도 초반 이후로 엄청난 발전을 거듭해 왔음
- 특히, 알파고 (Alpha Go)와 이세돌 9단의 공개 대국은 인공지능에 대한 일반인들의 관심을 증폭시켰으며, 4차 산업혁명과 맞물려 전 세계 인공지능 기술의 발전이 크게 가속되고 있음
- 소재개발을 포함하고 있는 과학 분야에서도 마찬가지로 인공지능/빅데이터 기반의 소재 설계 기술을 4차 패러다임으로 설명하고 있음

- Edisonian approach라고 불리는 시행착오 방법으로 설계하는 1차 패러다임, 열역학 법칙에 기반한 2차 패러다임, 계산과학 결과에 기반한 3차 패러다임에 이은 인공지능/빅데이터 기반의 새롭고 유망한 소재 개발의 방법으로 4차 패러다임이 거론되고 있음
- 빅데이터를 기반한 인공지능 모델을 개발하여, 소재 데이터베이스-물성의 상관관계를 찾고, 이를 통해 새로 개발된 소재의 물성을 예측하거나, 예측된 정보를 바탕으로 물성이 뛰어난 신소재를 개발하는 것이 data-driven 인공지능 기반 소재개발의 핵심이라고 할 수 있음

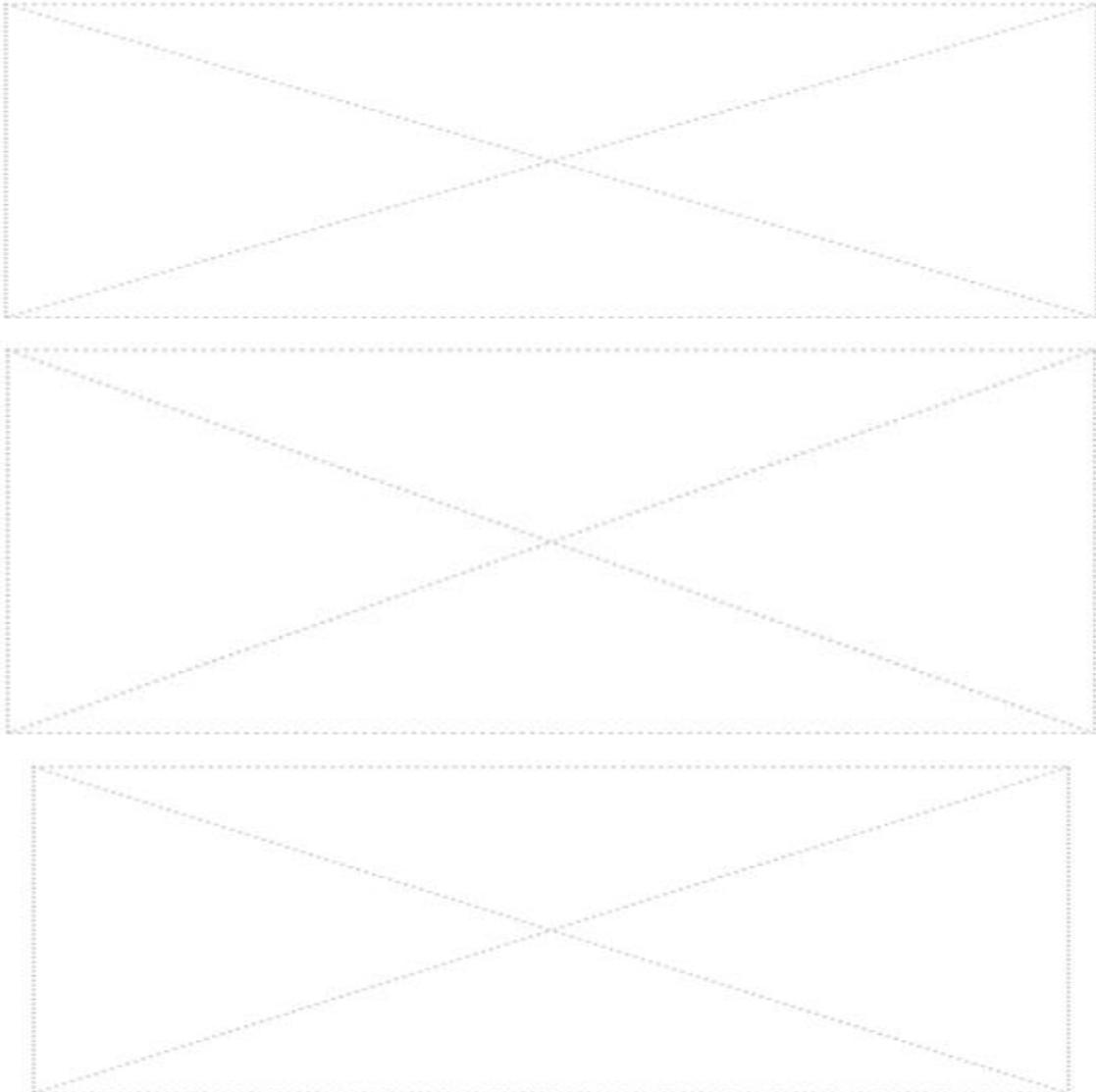
○ 해외 소재 물성 빅데이터 소개 및 이에 대응할 수 있는 맞춤형 인재 양성의 필요성

- 인공지능을 이용해 Data 기반으로 새로운 소재를 개발하기 위해서는 소재의 정보 (구조, 화학적 정보 등)와 그에 따라 발현되는 물성의 데이터베이스가 필요한데, 이를 오차 없이 가장 정확하게 예측할 수 있는 방법이 제일원리 기반의 밀도범함수이론 (Density Functional Theory, DFT) 기반의 데이터베이스를 이용하는 것임
- 따라서 기존의 구축된 소재 구조정보 데이터베이스 (ICSD, CSD 등)를 기반으로 DFT 계산을 통한 다양한 소재 물성정보 데이터베이스가 구축/공개되어 있음
- **Open Quantum Materials Database (OQMD)**: 미국 노스웨스턴 대학의 Chris Wolverton 교수팀의 주도 하에, ICSD (Inorganic Crystal Structure) 기반의 구조를 이용한 100만개 이상의 무기재료 DFT계산 결과를 공개해 놓은 OQMD가 대표적인 예임. 매년 10월에 새로운 데이터 베이스가 꾸준히 업데이트 되며, 온라인 상으로 원하는 소재군의 물성과 상태도와 같은 정보를 확인할 수 있음. 별도 클러스터에서 이용하기 위해서 해당 API (Application Programming Interface)를 다운로드하여 설치한 후 리눅스 시스템에서 편리하게 이용할 수 있는 장점이 있음. 이를 기반으로 다양한 무기재료를 스크리닝 및 인공지능 학습 데이터로 활용할 수 있음.



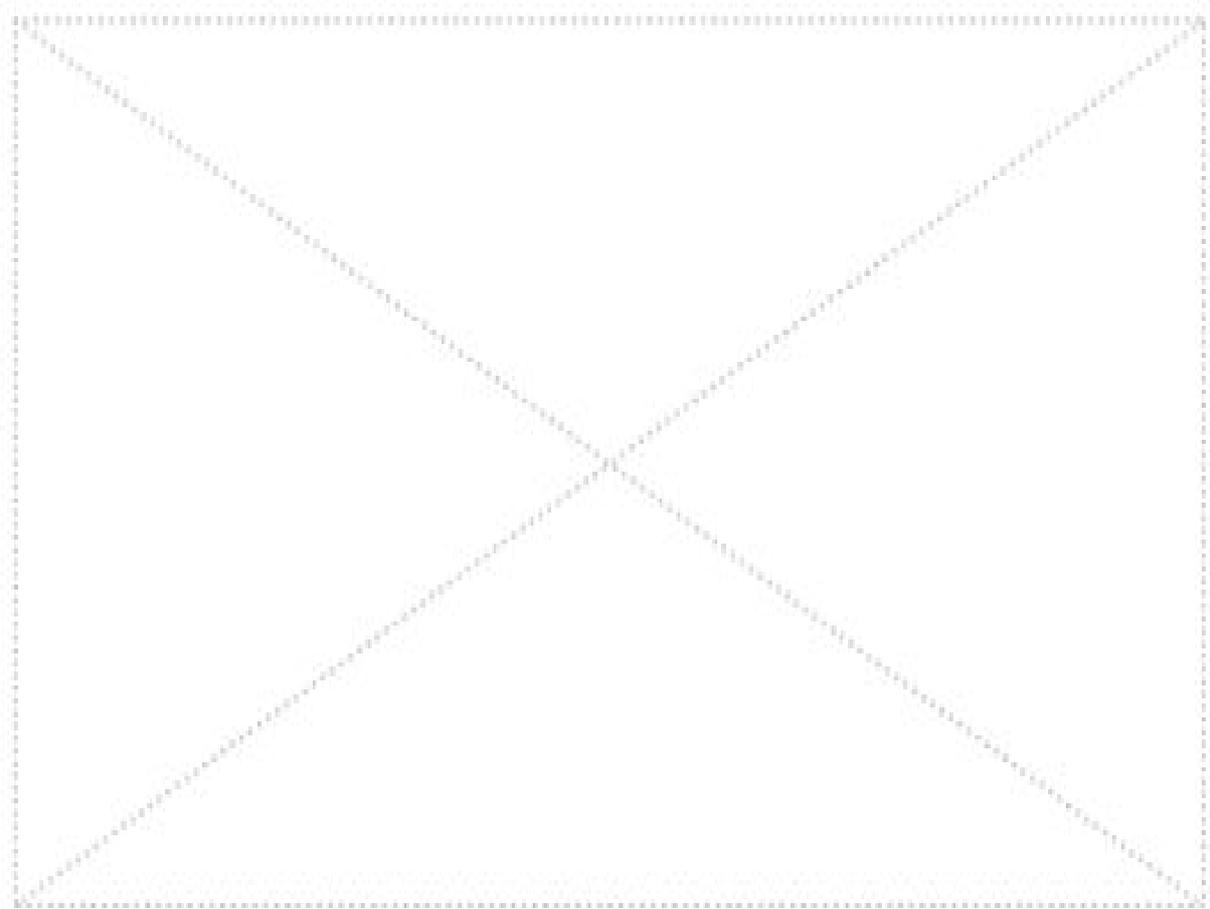
<그림 3> OQMD 공식 홈페이지 메인 페이지 (<https://oqmd.org>)

- **Materials Project (MP)**: 미국 로렌스 버클리 국립연구소 (Lawrence Berkeley National Laboratory) 소속의 Gerbrand Ceder, Kristin Persson 교수팀의 주도 하에 ICSD 기반 14만개 이상의 구조의 DFT 계산 정보를 제공하고 있음. OQMD에 비해 데이터베이스의 수는 작지만 그 물성은 좀 더 다양하다는 점에서 이 데이터베이스를 선호하는 경향이 있음. OQMD 와 마찬가지로 사용자가 API를 이용해서 데이터베이스를 소량 다운로드 받을 수 있으며, 큰 데이터의 경우 요청에 의해 다운로드가 가능함



<그림 4> Materials Project 공식 홈페이지 메인 페이지
(<https://materialsproject.org>)

- Open Catalyst Project (OCP): 미국 카네기 멜론 대학 화학공학과 교수진과, Meta AI의 FAIR (Fundamental AI Research) 팀이 공동 개발한 데이터베이스로, 차세대 청정 에너지 소재 개발을 위해 다양한 표면 구조에 대해 유기 분자들의 흡착 에너지를 DFT를 이용해 계산한 데이터베이스임. Open Catalyst 2020 (OC20) 및 2022 (OC22) 데이터베이스를 인공지능 훈련을 위해 제공하고 있으며, GitHub 페이지를 오픈해 그 코드도 제공하고 있음

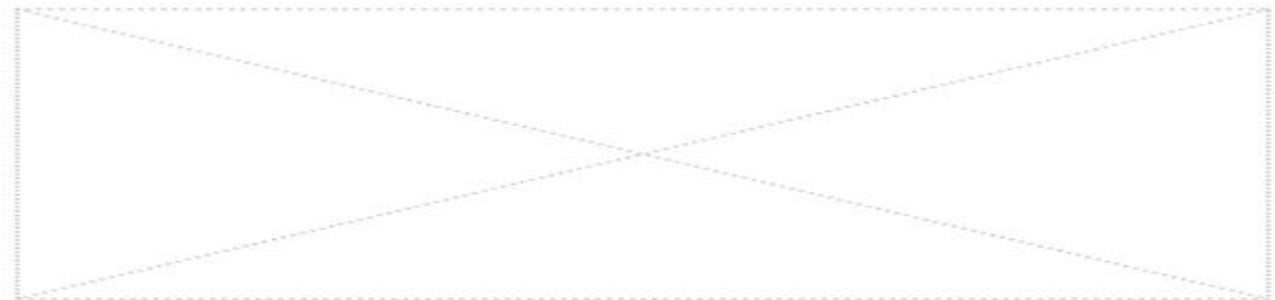


<그림 5> Open Catalyst Project 공식 홈페이지 메인 페이지
(<https://opencatalystproject.org>)

- 이렇게 빠르게 쌓이는 데이터베이스를 잘 활용하는 것이 data-driven 기반의 소재 개발의 핵심이며, 빠른 데이터 증대를 활용하여 미래 신산업의 전략 기술을 선점할 수 있는 신소재 인력양성이 꼭 필요함

○ Data-driven 신소재 고급과기인력 공급의 절대적 부족

- (국제 동향) 국가전략기술, 전략 소재 패러다임 전환에의 대응 및 미래 신산업 주도권 확보를 위해, 세계 각국은 미래소재 선점의 핵심 동력원이 되는 인재 육성 및 영입에 사활
 - * (미국) STEM분야 인재양성을 위한 학부 및 대학원 장학금, 훈련 지원금 그리고 박사후 연구원(Post-Doc) 등에 '22년부터 '26년까지 52억 2천만 달러 지원
 - * (중국) 핵심 산업규모에 1조 위안 이상, 연관 산업 규모에 10조 위안 이상을 투입하고, 100개의 '인공지능+X'의 복합 전공을 개설하여 전분야 과기 인재 양성
- (국내 현황) '22년 기준으로 신소재 고급과기인력은 연 2,000여명 양성되고, 이 중 Data-driven 신소재 과기인력은 1% 수준으로 소재 선점을 위한 주요국과의 핵심 경쟁 요인인 신소재 고급과기인력이 매우 부족
 - * 신소재 고급과기인력 : 신소재 분야를 전공, 석사 이상의 학위를 보유한 과학기술인력
 - * 신소재 고급과기인력 부족현황 : ('23) 500여명 부족 → ('30) 700여명 부족
(산업부, KIAT 外 5대 신산업 분야 산업기술인력 전망보고서, 2019)

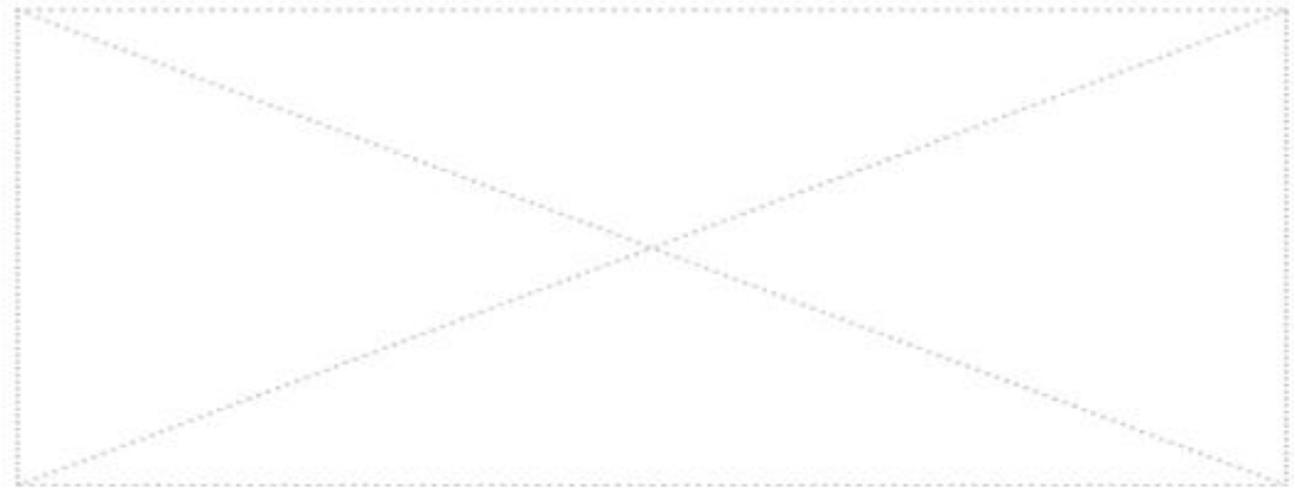


- (Data-driven 신소재 인력양성) 디지털 전환 시대에 대응하고 주요국과의 신소재 경쟁을 이겨내기 위해서는, Data-driven 신소재 고급과기인력 양성이 신소재 고급과기인력양성의 핵심
 - * 정부의 '산업 AI 내재화 전략('30년까지 인공지능 활용 기업을 1%→30%로 확대)' 대응을 위해, '30년 기준 신소재 Data-driven 고급과기인력 800여명 부족 전망
 - * Data-driven 신소재 고급과기인력은 공학계열 석·박사 학생이 약 20여명(0.19%, '23)으로 절대 부족하며, '30년에는 약 800여명 필요 예상
- 새로운 소재개발 패러다임에 적응할 수 있는 "Data-driven 신소재 고급과기인력"이 필요하지만, 소재 전문지식(Domain knowledge)과 데이터 활용(Data-driven research) 능력을 동시에 확보하고 있는 인력의 절대적 공급 부족
- 데이터 인력, 기계학습·인공지능 교육프로그램 및 인력양성사업이 다수 개설되어 있지만, 신소재 연구에 특화된 data-driven research 교육프로그램 및 인력양성사업 부재
 - * 데이터 전문인력이 신소재 연구 전문역량을 갖추는데 소요되는 시간: 6~7년
 - * 신소재 전문인력이 데이터 활용 능력*을 갖추는데 소요되는 시간: 1~2년
(알고리즘 개발 등 전문역량이 아닌 실험/계산 데이터 생성, 관리, 활용 능력)

제 2 절 Data-driven 신소재 고급과기인력의 정의 및 범위

□ 과학기술 인력(과기인력)의 정의 및 범위

- (해외) 국가 및 기구 별로 다양한 정의가 존재
 - (OECD) 캔버라 매뉴얼(1995): 자격(교육)과 활동(직종) 두 가지 중 하나만 만족해도 과학기술 인력으로 정의
 - (UNESCO): 과학기술 활동에 참여하고 있으며 이에 대한 대가를 받는 인력으로 정의
 - (미, NSF) 자연과학, 공학, 의학, 농학, 사회과학을 전공한 학사 이상으로 한정
- (국내) 국가과학기술경쟁력 강화를 위한 이공계 지원 특별법('04) 제2조
 - '이학, 공학 분야와 이와 관련된 학제 간 융합 분야를 전공한 사람으로 전문대학 이상의 교육기관에서 이공계 분야의 학위 또는 국가기술자격법에 의한 산업기사 또는 이에 동등한 자격 이상을 보유한 자'라고 정의



<그림 6> 신소재 개발 패러다임 변화 및 대응 인력 공백 분야

□ Data-driven 신소재 고급 과기인력의 정의 및 범위

- 본 고에서는 “Data-driven 신소재 고급 과기인력”을 아래와 같이 정의함
 - 신소재 공학 혹은 이와 관련된 학제 간 융합 분야를 전공하여 석사 이상의 학위를 보유한 사람 중 새로운 소재 개발을 선도할 수 있는 1) 소재 전문지식과 2) 데이터 중심의 연구 역량을 동시에 갖추어, 급변하는 미래 사회에서 우리나라 산업 성장을 견인할 수 있는 인재

참고1. Data-driven 신소재 고급 과기인력

■ (정의) 소재 공학 혹은 이와 관련된 학제 간 융합 분야를 전공하여 석사 이상의 학위를 보유한 사람 중에 신소재 개발을 선도할 수 있는 ①소재 전문지식 (Domain Knowledge)과 ②데이터 활용(Data-driven Research) 능력을 동시에 갖추어, 미래소재산업을 견인할 수 있는 인재

① 소재 전문지식(Domain Knowledge)을 갖춘 인재

- 신소재분야 석·박사급 전문지식을 바탕으로 신소재 개발, 제조 공정 최적화, 측정·분석 및 결과 해석 등 연구를 독립적으로 수행할 수 있는 역량을 갖춘 인재

② 데이터 활용(Data-driven research) 능력을 갖춘 인재

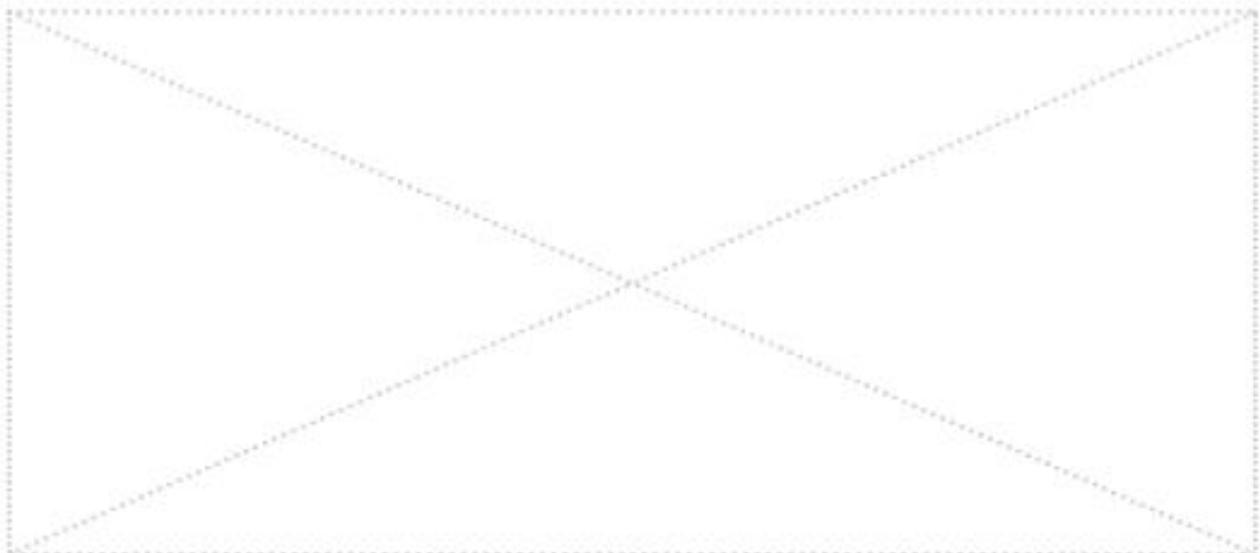
- 소재 연구 데이터 생산·관리·공유 등 데이터베이스 구축 능력 뿐 아니라, 기계학습, 인공지능 등 데이터 활용 능력을 동시에 갖추어 데이터 기반 신소재 연구를 수행할 수 있는 역량을 갖춘 인재

■ (장점) ①연구 가속화 : 시행착오의 비용과 시간 단축

②새로운 발견 : 구조-공정-특성의 새로운 관계, 미지의 영역 탐색

③신뢰도 제고 : 수동 분석/해석의 오차/오류 제거

- 위와 같은 소재 분야 Data-driven research의 장점을 기반으로 미래 산업을 선도할 소재 고급과기인력 양성



참고2. 미래소재 확보전략 발표 행사 전문가 의견

1 산업계 전문가 차담회

【과기정통부 A】

- 기술 패권 경쟁 흐름을 선도하고 기술강국 위상 강화를 위해, 국가전략기술 분야 전문가 육성이 중요하다고 생각
- 연구 인력 양성이 중요하다고 생각되며, 이를 고려한 전략을 고려하겠음 (대학원생은 논문 때문에 밤새서 하지만 회사에서는 불가능한 상황)

【아모그린텍 B】

- 중소기업 측면에서 인력 한계가 존재하며 그 부분에서 아쉬움이 존재함

【두산에너지빌리티 C】

- 성장 사업 및 미래 사업 중 성장 사업 강화하려고 하다 보니 인력이 부족한 상황이며, 맞춤형 인력이 필요함
- 첨단 소재 개발로 넘어가도 SMR/수소/극한소재 등 소재 연구 인력이 매우 부족한 상황
- 미래첨단산업과 관련된 인력 양성 사업 요청
- 회사 인력 수급계획 중장기 있음. 이를 기반으로 기업 수요형 대학원에 별도의 인력양성 R&D 사업 고려를 요청

【표준연 D】

- 차세대 전략기술 육성 시, 인력양성 부분의 지원이 중요하다고 생각함

2 미소톡톡

【과기정통부 E】

- 연구현장에 필요한 장비와, 이를 다루는 전문 연구 인력 양성을 위해 꾸준히 지원하고 있으나, 미국 등 다른 나라와 비교했을 때 부족하다고 생각함. 앞으로 더 많은 지원을 위해 노력하겠음

【성균관대학교 F】

- 동료 연구원(고급인력)과 함께 장기간 연구를 수행할 수 있는 출연연과 학생들과 함께 도전적인 연구를 수행할 수 있는 학교 간의 균형있는 협업체계가 중요
- 아직은 연구인력, 연구공간 등 부족한 부분이 많은 것 같음. 특히 장비를 다루는 박사급의 고급인력이 부족하여 전문적인 측정이나 분석 등에 어려움이 있음. 증가하는 R&D 투자와 더불어, 측정·분석 영역에 고급인력을 유치할 수 있는 체계 마련이 필요

3 패널토론

【연세대학교 G】

- 증가하는 R&D 투자비와 함께 인력을 보충하는 것(예: 12대 국가전략기술분야 중점의 인력양성)이 필요할 것으로 판단됨

【한국에너지기술연구원 H】

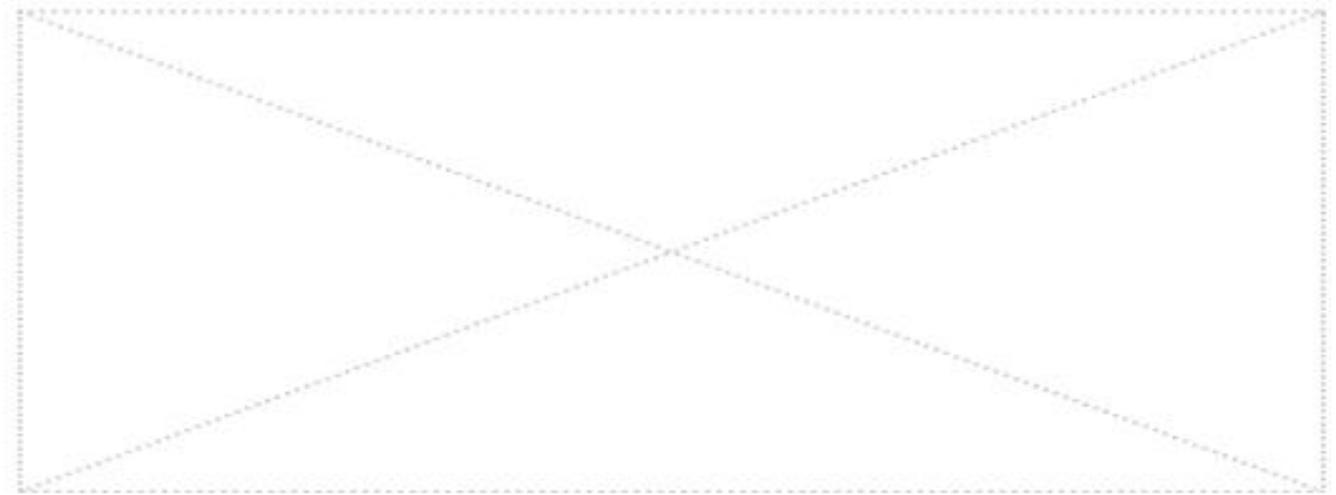
- R&D 예산 증액에 맞춰 이에 맞는 연구인력 확보도 중요하다고 생각됨. 정부에서는 R&D 투자 뿐만 아니라, 우수한 연구 인력을 양성할 수 있도록 지원 바람

3장 신소재 과기인력 양성 현황 분석

제 1 절 주요국 고급과기인력양성 정책 동향

□ (글로벌 정책동향) 글로벌 기술패권주의에 따른 선진국의 인재 양성 정책 변화

- 코로나19 확산, 국가간 무역전쟁 증가, 기후변화, 글로벌 제조업 시장의 불확실성 증가로 인한 사회경제적 패러다임 전환이 가속화
 - 세계불확실성지수(IMF):브렉시트 30,182 < 미중무역갈등 40,489 < 코로나19 55,685
- 이런 상황에서 美·中 각국은 미래 신산업 주도권 확보를 위해 핵심 S&T 우수인력 확보 및 유출 방지에 전력을 다하고 있으며 관련 법안들과 다양한 인재양성 정책을 발의함
- (미국) 바이든 정부 출범('21년) 이후, 첨단기술 분야에서 중국의 견제를 위해 '2021 혁신 및 경쟁법(안)을 발의('21년) 하였으며 가장 큰 골자는 STEM 교육체계의 지속 추진과 함께 '전세계 고급 우수인력 유치'로 정책기조를 전환함. 이는 (과학기술인력 범위 확장) 전문가 중심의 기존 과학기술인력 범위를 모든 교육수준과, 중급기술 직종(middle-skill occupations) 종사자를 포괄하는 형태로 확대함을 의미하며 부족한 전문 인력은 기술패권주의의 심화에 대한 대응으로 '외국인 우수인력 유치'로 정책기조를 변화함



<그림 7> 미국 과학기술 인력 범위

- 미국의 바이든 정부는 과학기술의 리더십 확보를 위해 과학기술 혁신과 이공계인재 양성을 촉진하는 「Endless Frontier Act」 *를 발의
 - * 중국의 부상에 대응하고 미래기술, 과학, 연구분야에 우위를 달성하기 위해 발의된 패키지 법안 '미국혁신경쟁법'
- 국립과학재단(NSF) 내 기술혁신국(Directorate for Technology and Innovation)을 신설하여 10대 핵심기술* 분야의 R&D를 집중 지원 예정

- STEM분야 인재양성을 위한 과학, 기술, 공학, 수학 분야 학부 및 대학원 장학금, 훈련 지원금 그리고 박사후 연구원(Post-Doc) 등에 '22년부터 '26년까지 52억 2천만 달러 지원
- AI 인력의 성장, 유지 및 다양성을 위해 미국 AI 박사급 인력 공급 확대, 기술 인재 파이프라인 유지 및 다변화 등을 목표로 하는 'AI 인력정책 방향 보고서(U.S. AI Workforce: Policy Recommendations)' 발간
- 또한, 우수 외국인 인력을 위한 비자지원 제도를 운영 중이며 NSF, NIH, NTRD 등 대학원, 박사후과정 등 우수 과학기술 프로그램 수혜자의 특성에 따라 연구 현장 중심의 최적화된 프로그램을 제공. 또한, 우수인력으로 판명된 다수의 외국인을 유치하기 위해 이민 및 비자제도의 개선을 추진하고 있으며, 이를 통해 전세계로부터 우수인력 연구인력을 지속적으로 수혈하고 있는 상황임
- 주요정책 및 발표
 - (1) 미국 연구 보안을 위한 새로운 접근법 (CSET)
 - (2) 미국 과학/공학/보건 분야 대학원생 및 박사후연구원 현황 분석 (NCSES)
 - (3) 미국 임시비자 소지 이공계 박사학위자의 학위 후 미국 체류/고용 현황 (NCSES)
 - (4) 과학기술인력에 대한 새로운 정의 및 현황 (NSF)
 - (5) 해외 우수 과학기술인재 확보를 위한 이민 정책 제언 (CSIS)

- (중국) 중국은 미국의 기술규제에 대응하여 기술자립과 내수확대를 통해 자립경제 체제 구축을 목표로하는 '14차 5개년 계획(2021~2025)'을 발표하며 글로벌 대학 및 인재 양성에 대한 장기비전을 제시함
 - 중국의 대학을 '20년까지 세계적 수준으로 키우고 '30년까지는 최고의 수준에 도달시킨다는 목표로 '쌍일류대학' 프로젝트
 - 시진핑 주석의 중앙인재공작회의(中央人才工作會議)에서 과학기술 자립자강을 위해 전방위적인 인재 양성 및 우수한 인재 등용 등을 위한 '일류 과학기술 선도인재 양성 장기 목표' 제시
 - 세계 최고수준의 AI인재양성 촉진을 위한 「쌍일류 대학 학과융합을 통한 인공지능 인력 양성방안을 발표
 - 고급인재(高层次领军人才) 및 고급기술인재(紧缺高层次专业技术人才) 양성과 자체적 창의 능력의 향상을 목표로 하는 '인재강국 전략'을 장기간 추진 중에 있으며 '인재강국 전략'은 지속 가능한 고차원 창의적 인재 발전체계 구축을 위한 인재양성, 인재유입, 인재평가, 인재격려 등의 내용으로 구성됨.
 - 최근 20년간 고급 과학기술 인재육성 및 해외 고급인재 유치를 골자로 하는 중국 정부의 노력으로 우수 과학기술인력 개발 또한 높은 성과를 나타냄. 중국에서는 인재양성을 위해 다양한 과학기술 인재양성 정책을 제시하고 있으며, '고급 과학기술 인재 육성' 및 '해외 고급인재 유치'가 핵심 메시지임



<그림 8> 중국 고급인재양성 정책

- 중국은 해외의 우수한 과학기술인재의 확보를 위한 정책을 장기적 과제로 지속적으로 추진해 오고 있으며, 특히 자국출신의 인재유입에 특히 초점을 두고 진행중임. 특히, 백인계획, 백천만인재공정, 장강학자장려계획, 천인계획, 만인계획 등 다양한 자국출신 및 외국인 우수인력 유치 및 양성을 위한 투자를 몇 십년간 지속해 오고 있음

- 주요정책 및 발표

- (1) 중국 국가 중점 R&D 계획 추진 방향 - 청년 과학자 지원 및 개방형 경쟁 확대(MOST)

○ (EU-영국) 장기비전전략 'Europe 2020' 실현을 위한 하위계획인 'Horizon 2020', 'Horizon Europe(FP9)'을 27년까지 추진중. Horizon Europe은 고도로 숙련된 인력과 최첨단 연구에 대한 투자를 늘려, EU의 산업 경쟁력을 제고하고 산업계의 혁신 성과를 도모하여 과학기술력 향상을 목표로 함

- EU-영국도 미국과 유사하게 우수인력 유치정책은 우수 연구자를 유럽 내에 보유하면서 세계 수준의 해외 연구인력을 유럽으로 유치하기 위한 제도적 노력을 지속 중에 있음. 코로나 팬데믹 전의 EU GDP 성장률 3% 목표를 달성하기 위해서 1백만 명 이상 과학기술 인력이 순수 증가하여야 할 것으로 전망하며 각 회원국으로 하여금 자국 연구개발 투자목표를 충족시키는 충분한 과학기술 인력을 확보를 요구 중

- Horizon2020을 통해 자국출신 우수연구자를 잔류시키면서 동시에 해외 우수인력을 유치하는 인재정책을 수립하여 진행 중

- (영국) AI위원회(AI Council)는 연구개발에서 전 세계 최고 인재의 지속적 접근성 보장과 고급 AI인력의 역량개발 프로그램 확대 등을 위한 'AI 로드맵(AI Roadmap)' 발표 및 정부-산업계 협력 투자 기반의 '차세대 AI 인재대학원 교육/연구 지원책'을 발표

- (독일)인공지능 연구자 육성을 위한 전략적 투자계획 발표 및 인공지능 전략(KI Strategie) 개정안 채택하여 인공지능 연구의 매력적인 환경 조성 노력

- 주요정책 및 발표

- (1) EU 에라스무스+('21~'27) 프로그램 추진 (EC)

- (일본) ‘제5기 과학기술기본계획’(2016)과 ‘통합 이노베이션전략’(2018)에 따라 ’19년도 예산편성 등 정책적 연속성을 기초로 인재양성 정책을 운영중에 있으며 기초적인 역량의 육성 강화를 위해 지식 전문가의 활동 촉진, 젊은(신진) 연구자의 육성, 확보, 활동 촉진, 과학기술 이노베이션 인재의 다양한 분야에서 활약 촉진 등 제시함.
 - 추가적으로 일본 문부과학성(MXET)은 과학기술 진흥을 위한 주요시책을 담은 [과학기술혁신백서 2022]를 발표하였으며, 그중 일본의 연구력 강화대책 및 인재 육성 추진현황을 자세히 수록함 (’22, 06). 주요 내용으로는 일본 대학의 연구역량 강화를 위한 대학펀드 조성 및 연구 인재 육성 정책의 일환으로 초중고, 박사 과정생, 신진연구자 및 여성 연구자등에 대한 다양한 지원책을 제시 함
 - 세계화와 급격한 기술 발전 등에 대응한 공학교육개혁 추진과 관련하여 「산학협력을 통한 AI 인재등의 육성정책」 발표 및 「AI 전략」을 통해 모든 국민이 수리/데이터사이언스/AI를 기본소양을 갖추도록 대상별/단계별 교육개혁 정책을 제시
 - 일본은 문부과학성 등 정부기관을 중심으로 젊은 연구자를 대상으로 세계무대에서 활약할 수 있는 인재에 대한 지원책을 운영하고 있으며, 특히 이노베이션 인재의 확보를 위해 노력 중 (고급 외국인 인재 확보를 위해 영주권 취득요건을 완화하는 ‘고급 외국인재 그린카드’ 제도등을 도입)
 - 주요정책 및 발표
 - (1) 일본 IT 인재 동향 (METI)
 - (2) 일본 과학기술 신진연구자 지원정책 방향 (MEXT)
 - (3) 일본 이공계 박사인력의 산업계 진출 확대 방안 (METI)
 - (4) 일본 교육/연구 기능 고도화를 위한 고등교육의 방향성 (MEXT)
 - (5) 일본의 이공계 인재 및 대학 관련 정책 추진현황 (MEXT)

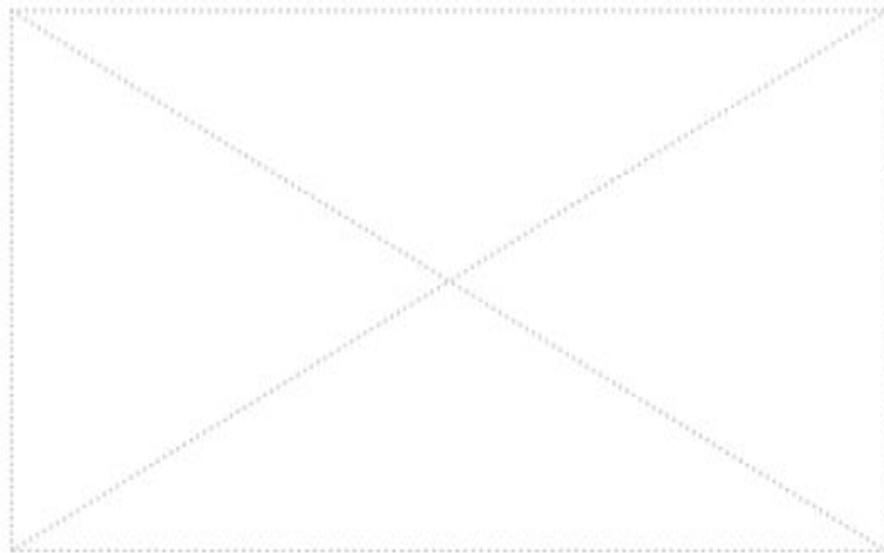
□ (교육기관 분석) 주요국의 대학 교육 및 지원사업의 간접적 정책을 통한 인재 양성

- (미국) 연방정부 차원에서는 과학기술 인재 양성을 위한 적극적이나 직접적인 투자보다 간접적인 고급 과학기술 인재 수급을 통한 양성을 추진중에 있으며 대학 교육 및 연구소 등의 맞춤형 교육 프로그램을 운영중임
 - 미국에서는 STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 분야의 인력을 양성하기 위해, 직접적 인재 육성 투자보다 S&T (Science & Technology) 인력양성 생태계 조성을 위한 간접적 투자를 확대하고 있음
 - STEM 분야 강조를 통해 과학기술 인재 양성 및 NSF를 중심으로 STEM 교육 지원을 활발히 추진
 - NSF의 인력양성 프로그램 : 간접지원을 통한 커리큘럼 개발, 훈련 등을 위한 교육 개발에 중점을 둔 프로그램을 운영
 - NIH에서는 공익적 가치 중심의 사업을 강조하며, 최근에는 신진연구자 중심의 연구자금 펀딩지원을 위한 ‘Next Generation Researchers Initiative (NGRI)’를 추진 중

- (중국) 중국의 R&D 인력(FTE기준)이 지속적으로 증가하여 연속 7년간 세계 1위의 R&D 인력 보유국으로 부상 중에 있으나 과기인력 수준과 구조 면에서, 세계 정상급 과학자의 비중이 매우 낮으며, 리더인재·엘리트인재 부족 심각을 우려하여 다양한 엘리트 인재 양성 사업에 방점을 둬
 - 기초과학 영재 양성: 우수한 대학교에 ‘국가 기초학과 인재양성기지’, ‘기초학과 엘리트학생 양성기지’ 조성 및 ‘첨단학과센터’ 설립 및 북경대학, 칭화대학, 북경사범대학 등 유명 대학의 우수학과를 위주로, 이과 106개, 문과 51개, 공과 45개 이상을 양성중
 - 혁신인재추진프로그램: 대학, 연구소 및 첨단기술산업개발구를 기반으로 300개의 혁신인재양성시범기지 조성
 - 청년영재육성프로그램: 자연과학등 핵심분야에서 매년 청년 엘리트인재 집중 지원, 연구형 대학/연구소 상위 기초학과 국가 청년영재양성기지 선정을 통해 매년 엘리트 대학생 선발 특별교육 실시

- (EU-영국) Horizon 2020의 3대 중점 추진사항 중 인력양성과 관련된 내용은 과학적 탁월성 (Excellent Science)으로, 우수한 과학인재를 유치하고 유럽 전역의 연구자들이 서로 협업하고 아이디어를 공유할 수 있게 지원함으로써 과학 리더로서 EU의 지위를 더욱 공고히 하는 것이 목표로 함,

- (일본) 과학기술 이노베이션 예산 가운데 인력양성과 관련이 깊은 ‘과학기술 인재의 육성. 확보’와 ‘과학기술 이노베이션의 국제적 전개’ 분야에서 다양한 사업들을 추진중 또한 거점 대학간의 구축을 통한 대학 역량 강화에 중점을 둬.
 - 특별연구원(Research Fellowship for Young Scientists) 사업 : 뛰어난 박사급 젊은 신진 연구자에게 연구생활의 초기에 자유로운 발상으로 주체적인 연구 과제를 선택하여 연구에 전념할 수 있는 기회를 제공함으로써 학술연구의 장래를 담당하는 창조성이 풍부한 연구자를 양성.확보하는 것이 목적
 - 인재의 다양성 및 유동성 확보 관련 사업 : 대표적인 사업으로 ‘다양성 연구 환경 실현 이니셔티브’, ‘특별연구원-RPD 사업’ & ‘연구인재 커리어 매니지먼트 촉진사업’ 등이 있음



<그림 9> 일본 대학연구역량 강화 패키지

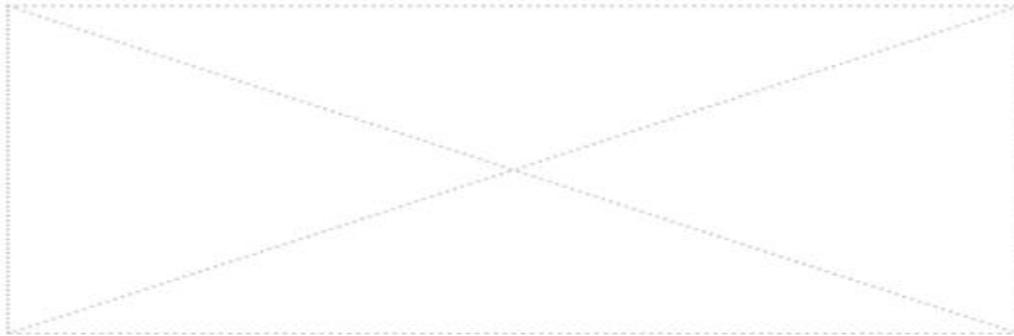
- (과기인력 양성 정책 분석) 선진국은 신소재를 주요 전략 과학기술분야로 지정하여 적극적인 지원·육성 정책을 펼치고 있으며, 대학별 칸막이를 없애고, 거점센터를 통한 공공 교육 추구, 과학 문화 확산, 중장기, 전분야에 걸친 지원 (거점센터-연구소중심)

- (미국) 국립연구기관은 각 기관의 주력 분야에서 맞춤형 교육 프로그램을 운영하여 거점센터 위주의 특색 교육 프로그램을 중고생부터 대학원생 및 연구원에 이르기까지 다양한 대상자들을 위하여 구성 및 제공
 - [주요 국립연구기관 과기인력양성 프로그램]
 - SLAC National Accelerator Lab, Argonne National Lab, Lawrence Berkeley National Lab 등 각 국립 연구기관들은 각각에 특화된 여러 분야의 교육 프로그램을 구성 및 제공
 - Lab Graduate Research(학위 논문을 연구소 연구자와 교수의 공동 지도를 통해 수행)
 - Guest Graduate Program(학생에게 유효기간 1년의 gate pass를 부여하고 학생이 원하는 시점에 연구소를 방문하여 연구수행)
 - Thesis Parts Program(몇 개월 이내 기간으로 진행)

- (미국-재료혁신) 특성화 학과보다는 재료과학 (Materials Science and Engineering, MSE)로 통합 운영하고 있으며, 단, 재료공학과마다 특화전략을 추진하여 강점 분야 보유하고 있음
 - 예: Rice(탄소 나노 재료), Texas Austin (전자재료), U Mass Amherst (폴리머)
 - 학부보다는 대학원 중심으로 특화, 학제 간 교류 활발
 - 또한 2011년 Materials Genome Initiative (MGI)를 시행하여, 비전 달성을 위해 R&D 문화 확산, R&D 지원, 시스템 체제 개편, 데이터 인프라 구축, 인력양성을 중장기 전략을 세워 실현하고 있으며, 이를 위해 특히 새로운 연구 방법에 숙달된 차세대 소재인력양성을 위한 다양한 프로그램을 운영하고 있음
 - “Get exposure and learn language”라는 슬로건에 맞춰 기존 실험 연구를 진행하던 학생들이 기계학습/인공지능, 계산과학 등 data-driven research를 자연스럽게 습득할 수 있는 다양한 프로그램을 운영하고 있음

- (중국) 신홍산업분야 리더 공격적 인력양성
 - 중국에서는 국가 중장기 인재발전규획강요에서 에너지절약 및 환경보호, 차세대 정보기술, 바이오산업, 고성능 장비 제조, 신에너지, 신에너지 자동차와 함께 신소재를 전략적 육성 분야로 선정하여 집중하여 인력양성
 - 고급인력 부족 문제를 해결하기 위해 050 과학기술강국 건설을 목표로 중장기, 전주기, 전반분야를 지원하는 인력양성정책
 - 1) 선두주자확보: 신세기 백천만인재 공정 , 청년 고급리더 인재 양성
 - 2) 원천기술개발능력 향상: 기초연구 강화, 국가의 전략적 투자
 - 3) 혁신 발전공간/거점 구축
 - 4) 과학문화확산
 - 아래의 국가별 Scholarly Output에서 알 수 있듯이, 중국의 신소재 분야 학술적 영향력이 정책 시행 5년 후인 2016년부터 폭발적으로 증가하고 있음. 이는 중국의 공격적인

인력양성 프로그램은 정책 시행 5년 후 폭발적인 기술력 성장으로 이어졌으며, 산업 성장을 견인할 수 있음을 보여주고 있음

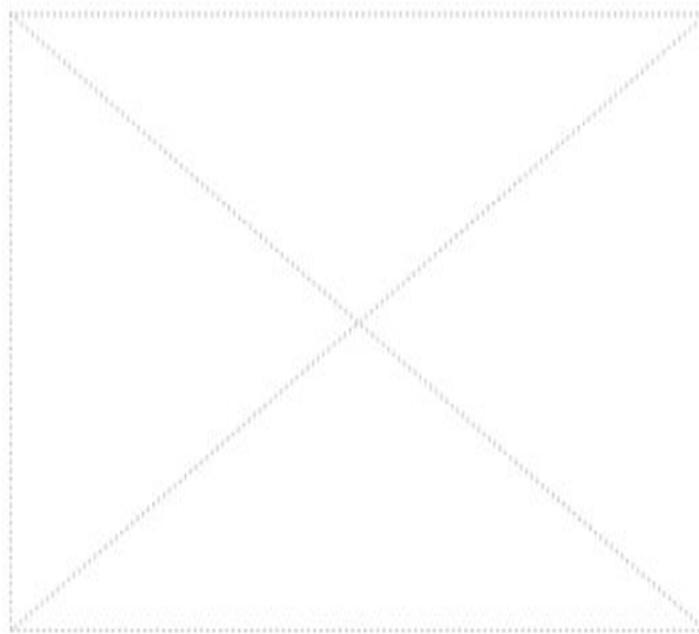


<그림 10> 신소재 분야 국가별 SCI 논문의 Scholarly output (2022년)

- (중국-재료혁신) 중국은 특히 전략성 신흥산업을 설정하여 에너지절약 및 환경보호, 차세대 정보기술, 바이오, 첨단장비 제조, 신에너지, 신소재, 신에너지자동차 등 7대 산업분야 관련 인력양성사업 대학 운영에 방점
- (EU-영국) 유럽연합(EU)의 유럽혁신기술연구소(EIT)는 유럽고등교육의 기업가 정신 제고, 첨단 기술 교육, 유럽 혁신 생태계 구축 및 기술 인력 양성 등을 위해 주요 이니셔티브를 운영 중
 - 유럽혁신기술연구소(European Institute of Innovation and Technology, 이하 EIT)
 - 연구 및 혁신을 위한 EU 프레임워크 프로그램인 ‘Horizon Europe’의 일환으로, EU 회원국들에 산재한 기술 역량 및 인력을 집중하고자 설립한 지식공동체 형태의 과학기술 연구기관 (EU의 인력양성이 목표)
 - [EIT Higher Education Institution 이니셔티브] 대학을 비롯한 고등교육기관의 혁신 역량 구축 및 기업가 정신 배양을 위한 자금 지원 및 EIT 혁신 생태계에 대한 액세스 제공 또한, (Deep Tech Talent 이니셔티브) 향후 3년간 딥테크* 분야 인력 100만 명을 양성하기 위한 프로그램이며, 녹색 전환 및 디지털 전환을 목표로 유럽 전역에 연구 네트워크 및 허브 구축 * 경제와 사회 전반에 걸쳐 혁신을 주도할 수 있는 최첨단 기술로, 우주 항공, 첨단 소재 및 제조, AI, 블록체인 등이 해당
 - Higher Education Institutions(HEI) 이니셔티브 : 궁극적으로 2027년까지 550개의 고등교육기관 도달 및 고등교육 혁신을 촉진하고 유럽의 지속 가능한 디지털화 및 경쟁력 제고를 지원하고자 함
- (영국-재료혁신)
 - 자유로운 혁신기반 조성을 위해 관료주의를 줄이고 연구 활동에 집중하도록 지속적인 모니터링을 실시하고, 새로운 아이디어와 관점을 지닌 신진 연구자 지원을 확대하며 비즈니스-연구 파트너십을 통한 지역수준에서 혁신 활동 및 Innovate UK를 포함한 UKRI 중심으로 추진계획에 있음
 - 금속, 폴리머 및 세라믹과 같은 별개의 재료 공급에서 의료, 에너지 및 항공 우주 부문을 위한 완성 부품 및 시스템 공급에 방점을 두고자 함

- (독일-자연과학) Applied physics, 물리학과, 재료학과, 화학과에서 소재 관련 교육 시행
 - 기초학문분야로 통합하여 시너지 발휘, 학과보다 배경지식을 중요시하는 사회 문화
 - 물리학과가 재료공학과 대비 질적, 양적 우위, 국책연구소와 연계
 - 아헨공대: 물리학과 응용물리학에 재료공학 포함, 인근 옐리히 연구소와 연계
 - 뮌헨공대: 물리학과에 모든 소재 관련 연구 분야 집중
 - 스투트가르트대학: 소재 관련 학과가 세분화되어 있지만 큰 틀은 물리학, 화학 중심

- (독일-재료혁신) 도제식 교육, 연구소 중심의 소재 인적 네트워크 구축
 - 독일에서는 2021년 6월 'High Tech 2025'에서 정보통신, 양자, 바이오, 제조, 환경, 지속가능 에너지, 분석 측정과 함께 재료를 전략 분야로 선정하여 집중적으로 육성하고 있음
 - 금속/나노· 화학/세라믹 10개 소재 분야의 연구소를 허브 기관으로 지정하고 특성화 연구소·대학 등을 스포크(Spoke)로 연계해 소재 인적네트워크를 구축 및 구축된 3대 허브를 중심으로 수요자 맞춤형 소재 응용정보 및 차세대 소재 전문인력 양성을 위해서 핵심 원천기술 특화 프로그램을 신설하고, 기업인력 양성 프로그램을 신설·운영중 또한, 막스-플랑크 협회에서 박사인력 배출 활성화를 위한, 3년간의 집중적 글로벌 교육프로그램인 IMPRS 개설을 통해, 글로벌소재인력양성, 연구진으로 채용하는 환류체계 구축
 - 예) MPIE-보훔대학-뉘스부르크대학:시뮬레이션-실험 상호 기반 탄소중립형금속 제조 특화 교육

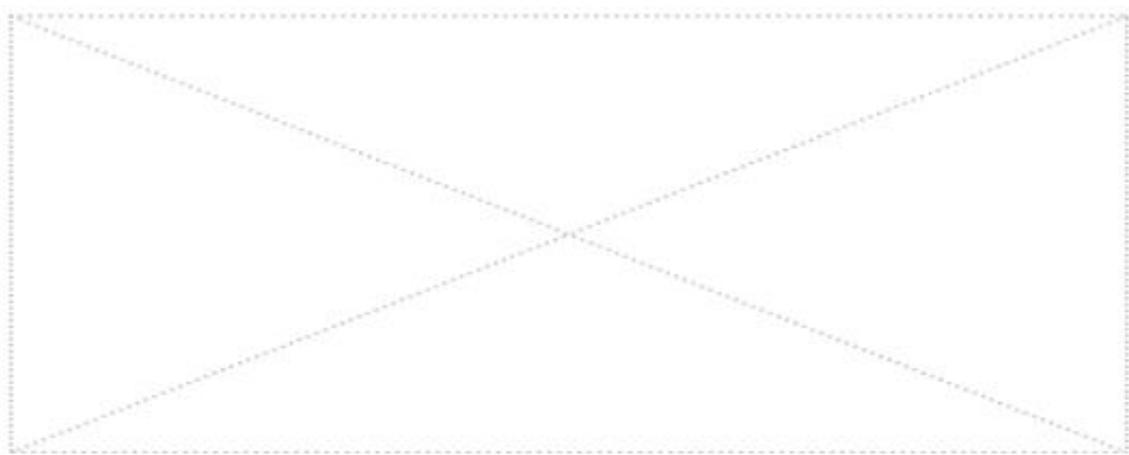


<그림 11> 독일 거점 연구소 및 대학 연계프로그램

- (일본) 공동거점 구축
 - 일본에서는 '소재혁신강화전략'을 통해 핵심 소재 기술 확보를 통한 차세대 산업 분야 선점하고자 하며, 소재 분야 우수 학생을 뛰어난 연구환경 하에 교육하여 학계 및 산업계에 공급하기 위해 다양한 인력양성사업을 진행하고 있음
 - 1) 파견형고도인재육성: 인턴십강화
 - 2) 모노츠쿠리(제작) 기술자 육성: 지역, 산업계 연계 실습/강의 조합
 - 3) 서비스 이노베이션 인재육성: 비즈니스, IT, 인문학 융합지식인재

- 과학기술혁신백서는 연구대학 종합 진흥 패키지 사업으로 연구 거점을 구축하여, ‘정부-대학-연구소-산업계-관련 학회’ 컨소시엄이 소재 분야 인력수급 격차 해소를 위한 협동형 인력양성 프로그램을 운영하고 있음

- (일본-재료혁신) 소재의 신속화 상용화 추진 및 에코시스템 구축, 소재의 특성을 고려한 혁신 기술 창출 인재, 데이터 구동형 연구개발기반 정비 및 본질 연구를 추진
 - 일본 국내 소재관련 연구자에게 소재 개발에 유용한 신뢰성 높은 데이터, 분석도구 제공
 - 소재가 사회과제 해결 및 산업경쟁력 강화에 기여하는 중요기술 분야에서 NEDO나 JST 등을 통한 산학관의 프로젝트를 추진중
 - 이를 통하여 뛰어난 연구환경 하에 학계 및 산업계 각각에 필요한 우수한 차세대 인재 육성 및 배출을 목표로 함



<그림 12> 일본-재료혁신 구축 계획

- (일본-재료혁신) 독일과 유사 형태, 다학제융합 학과 형태 (기계, 물리/화학 등과 통합)
 - 국가연구소나 지역과 연계한 특화전략
 - 대학원과의 연계, NIMS 연구자가 학위취득을 포함한 학생지도 실시

■ 시사점: 선진국은 신소재를 주요 전략 과학기술분야로 지정하여 적극적인 지원·육성 정책을 펼치고 있으며, 신소재 인력 양성 사업은 다음과 같은 특징을 지님

- 특정분야 특성화 인재양성보다 전분야 소재 인재가 함양해야 할 기초소양, 방법론을 교육
- 대학별 칸막이를 없애고, 거점센터를 통한 공공 교육 추구, 과학 문화 확산
- 중장기, 전분야에 걸친 지원
- AI 활용 데이터 구동형 소재 연구개발의 투자 및 인재 육성 (미국 및 일본)

2 절 주요국 Data-driven 과기인력양성 정책 동향

□ (Data-driven 과학기술 정책 분석) 선진국은 4차 산업혁명 대응과 인공지능(AI) 주도권 확보를 위해, 최고 지도자가 직접 정책을 선언·발표함으로써 국가 역량 결집을 도모

○ (미국) 민간이 추진하기 어려운 차세대 R&D 및 군사안보 분야 정책 집중

- 2019년 국방수권법(National Defense Authorization Act, NDAA)에 의거, 백악관 산하 ‘인공지능 국가안보위원회(National Security Commission on Artificial Intelligence, NSCAI)’를 설립

- 2021년 3월 1일 발표된 NSCAI의 최종보고서는 미국의 안보, 경제, 정치(민주주의)를 수호하기 위해 인공지능 분야에 대한 정부의 전폭적 지원이 백악관 리더십, 내각의 적극적인 개입, 초당적 공조 차원에서 이루어져야 함을 강조

- NSCAI 위원회의 회장은 구글(Google) CEO인 에릭 슈미트(Eric Schmidt), 부회장은 로버트 워크(Robert O. Work) 前 국방차관으로서 마이크로소프트 (Microsoft), 아마존 (Amazon.com) 등 세계적 IT 기업의 경영진과 국방부 (Department of Defense), 상무부 (Department of Commerce), 미 상하원의 주요 위원회 위원 등 15명의 전문가로 구성됨

- 바이든 행정부는 NSCAI의 많은 제언을 상당 부분 실제 정책으로 이행하고 있음

- 인공지능 국가 이니셔티브(National Artificial Intelligence Initiative, NAI)로 명명된 바이든 행정부의 인공지능 국가 정책은 인공지능 기술의 다차원적 영향에 대응하는 포괄적인 성격을 가지고 있으며, 2020년 12월 초당파적 지지로 제정된 “2020 국가 AI 이니셔티브 법(National AI Initiative Act of 2020(DIVISION E, SEC. 5001)”에 의거하고 있음

- 바이든 행정부 시기 백악관 과학기술정책실(Office of Science and Technology Policy, OSTP)은 이러한 국가 AI 이니셔티브법에 의거하여 ‘국가 AI 이니셔티브실 (National Artificial Intelligence Initiative Office, NAIIO)’을 출범시켜 국가 인공지능 정책을 마련해오고 있음

- 바이든 행정부는 인공지능 기술을 포함하여 미국만의 압도적인 경쟁력을 발휘할 다수의 신기술 개발 및 혁신을 뒷받침할 법·제도적 기반을 구축하고 범부처 차원에서 구체적인 전략을 마련하고 있음

- (차세대 R&D 역량 집중) 미국은 과거 마이크로전자공학 산업을 이끌어왔으나 현재는 인공지능, 5G, 사물인터넷 등 다양한 첨단기술에 핵심적인 반도체 생산을 해외에 의존하고 있으므로 신기술 분야 미국 우위 확보를 위한 공격적인 R&D 투자에 역량 집중

- (지구적 클라우드, 공통 표준화) 바이든 행정부는 철저하게 동맹과 파트너국가끼리의 협업과 상호지원을 추구하고 있고, 동맹국 및 파트너 국가와 인공지능 시스템과 자원의 상호운용성을 중시하면서 함께 접근하고 사용할 수 있는 지구적 클라우드 구축 및 인공지능 시스템의 공통 표준화를 추구함

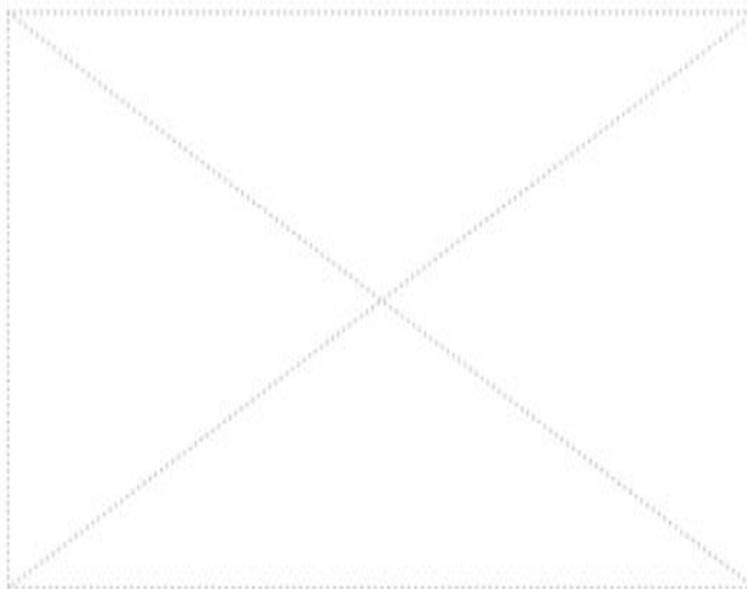
- (안보) 중국의 인공지능 기술 개발 속도에 불안감을 느끼는 미국은 국가 안보전략 차원에서 인공지능 정책을 수립하고 있으며, 최근 멀웨어(malware) 공격이나 가짜뉴스의 대규모 유포와 같은 다양한 종류의 사이버 공격은 인공지능 기술을 탑재한 자율적 공격으로 전환되고 있고, 이러한 새로운 위협을 차단하고 미국에 유리한 세계기술질서를 구축하기 위한 정책목표로서 ①미국의 기술경쟁력을 증진시켜 인공지능 분야에서 미국의 글로벌 리더십을 공고히 하고, 인공지능 기술과 관련하여 ②동맹 및 우호국과의 협력을 강

화하며, ③미국의 민주주의 사회를 보호하고, ④정부의 인공지능 정책에 대한 미국 국내 신뢰를 확보하는 것을 제시하고 있음

- (인력양성) 바이든 행정부는 인공지능, 사이버기술, 로봇공학, 생명공학, 우주 분야와 같은 첨단기술의 R&D에 집중적으로 투자하고 있으며, 미국의 과학기술 전문가들은 미국 교육 시스템이 디지털 인력을 길러낼 수 있도록 의회가 국가방위교육법안II(National Defense Education Act II)를 통과시킬 것과 해외인력 유입 유인책을 마련할 필요성을 주장함. 현재 미국의 과학·기술·공학·수학(Science, Technology, Engineering, Mathematics, STEM) 분야의 교육프로그램과 인력은 매우 낮게 평가되고 있고, 이러한 위기의식으로 인해 **미 의회에는 “모두를 위한 2021 컴퓨터과학법(Computer Science for All Act of 2021)”안이 제출됨**

○ (일본) 산업활력 제고 및 사회문제 해결을 위한 수단으로 인공지능 기술혁신을 가속화

- 소재 제조의 패러다임 전환에 따라 일본에서도 데이터 과학에 걸친 통합적 연구를 강조
- 인공지능 전략 2019 (‘19.3) 등을 발표하여, 산업경쟁력 확보와 함께, 인공지능 응용인재 연 25만명, 고급인재 연 2000명 및 최고급인재 연 100명 양성



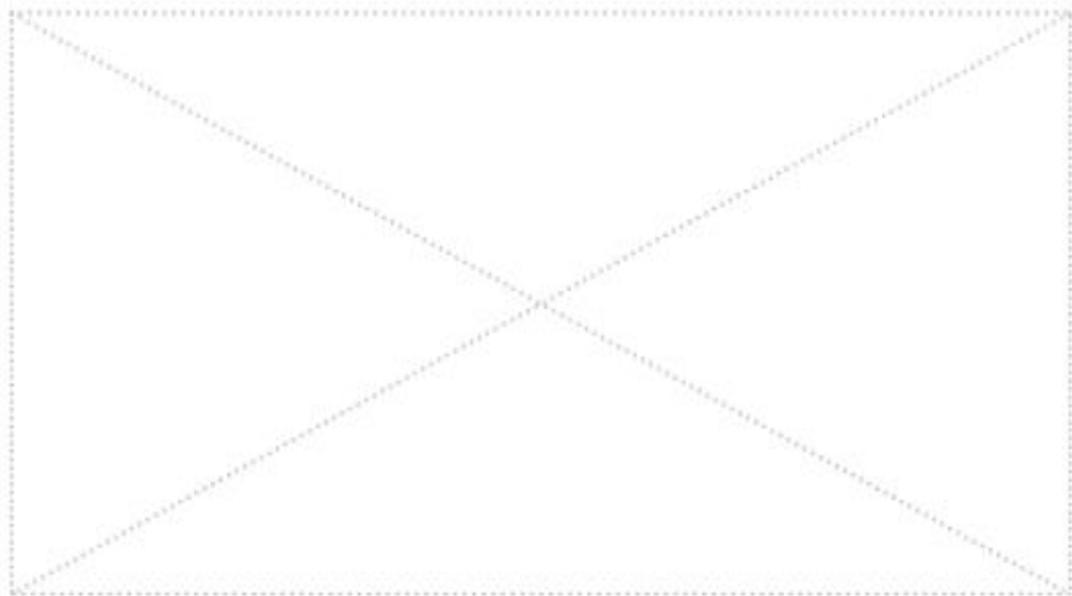
* 출처: JST-CRDS(‘19), 미래소재개발 이니셔티브

○ (독일) 범국가 연계를 통한 인공지능 네트워크 중심국가 도약, 제조분야 디지털화, 일자리 변화 대응 (직업교육 등) 추진

- 인공지능 전략 2020 개정안(Fortschreibung KI-Strategie)을 통해, 인공지능 분야 지원 예산을 50억 유로로 증액하고, 인력양성, 연구, 이전 및 응용, 법/규정, 사회 등 5개 분야를 통합하여 전략 추진
- 중소기업, 제조분야의 산업경쟁력을 확보하기 위해 대규모 투자로 인한 산업 디지털화 가속화, 인공지능 응용을 통한 Industry4.0 입지 확립을 추진화
- 노동시장 변화에 대응하기 위한 직업훈련, 법·규범 현실화 추진
- 빅데이터 연구 활성화를 위한 베를린 학습·데이터 재단(BIFORD)을 설립, 각 연방 주(州)와의 연계를 통한 AI 역량 센터 구축
- AI를 환경·기후 친화적으로 응용하기 위해 환경 영향 평가 개념을 개발하고 관련 연구 지원을 강화, 탄소배출 감소를 목표로 에너지와 자원 소비를 줄이는 AI 기반 응용 프로그램을 개발 전략

○ (중국) 정부 주도의 데이터, 인공지능, 인력양성을 추진하고, 선도기업을 지정하여 산업별 특화플랫폼을 육성

- 중국정부는 차세대 인공지능 발전규획 ('17.7)을 발표하고, 인공지능을 국가 전략 규획 단계에 진입하였다고 규정하며, 2030년까지 인공지능 이론, 기술 및 응용을 전반적으로 세계 선두수준에 도달시키고 세계적인 인공지능 중심지로 도약하기 위한 전략을 세움
- 차세대 인공지능 발전규획에 따르면, 아래와 같은 6대 중점과제를 설립하여, 2030년까지 핵심 산업규모에 1조 위안 이상, 연관 산업 규모에 10조 위안 이상을 투입하고자 계획함



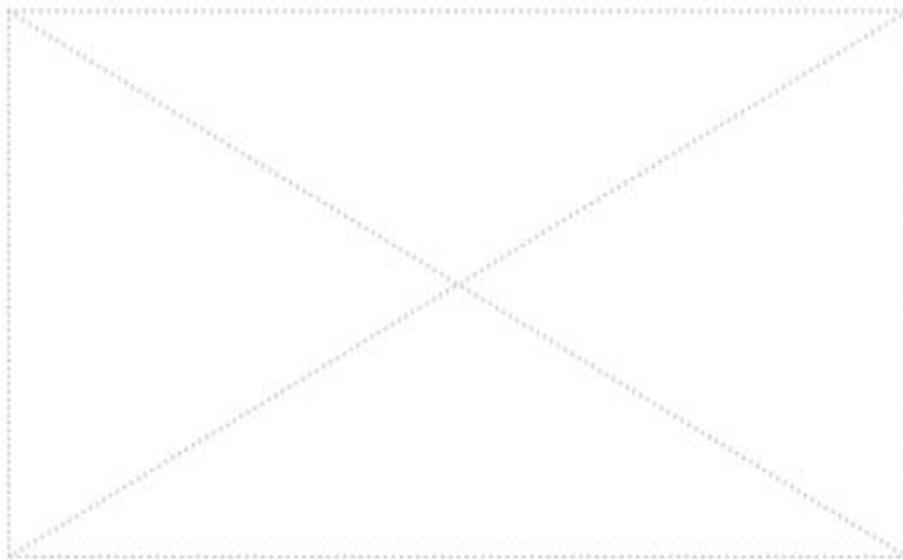
<그림 13> 중국의 차세대 인공지능 발전규획에 따른 6개 중점과제

- (인력양성) 중국의 인공지능 엔지 보유량은 세계 2위이지만 (2017년 기준 18,232명, 전 세계의 8.9% 차지), 고급인재(약 977명 수준)가 적은 비중을 차지하고 있기 때문에 칭화대학과 중국과학원을 중심으로 중점적으로 인력양성을 수행하고 있음
- (인력양성) 초중고에서 대학에 이르기까지 인공지능 교육과정을 개설한 외에도 다양한 온라인 교육 플랫폼 구축을 통해 인재양성 확대
- (인력양성) 중국 교육부는 2018년 10월 '고등 교육기관 인공지능 혁신 행동 계획'을 발표하고, 100개의 '인공지능+X' 복합 전공을 개설하는 한편, 50편의 세계 일류 수준 본 과생 및 석사생 교재를 개발하여 모든 분야에 인공지능 융합인재를 양성
- (플랫폼 구축) 과기부 등 15개 부처로 구성된 차세대 AI발전계획 추진사무실을 개설하여, 과제/기지/인재에 대한 총괄 조율 담당, 범국가적 협업체계를 마련하였으며, 자율주행, 도시브레인, 의료영상, 지능음성 및 지능시각 등 5개의 개방형 혁신플랫폼을 구축함

■ 시사점: 선진국은 Data-driven 기술력 확보 및 인력 양성을 위해, 역량을 집중하고 있지만, 미국이 추진하고 있는 “Materials Genome Initiative” 외에 Data-driven 소재 개발에 특화된 프로그램은 미흡한 실정이기 때문에, 우리나라가 Data-driven 신소재 분야의 선두주자로 도약할 수 있는 기회

□ (Data-driven 첨단기술 인력 수급 변화 및 인력정책 이슈) 디지털 전환 관련 기반 기술인력의 새로운 인력양성 프로그램 필요

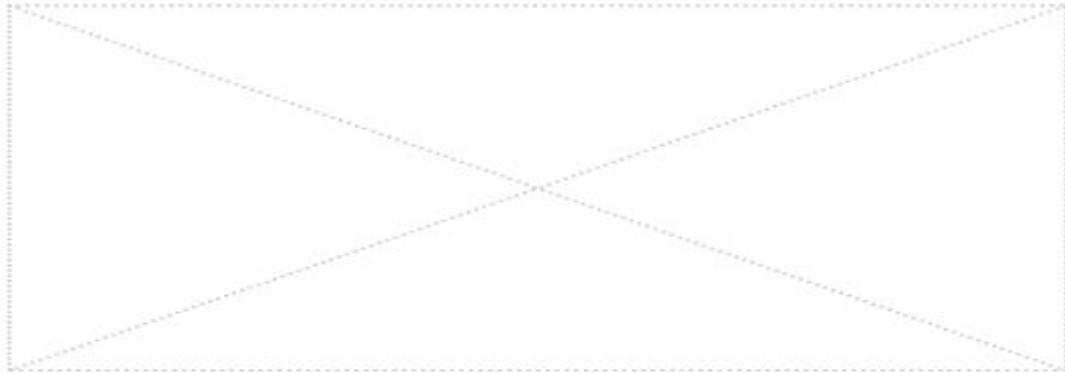
- (기하급수적 기술인력 수요증가) 최근의 기반 기술들은 특정산업이 아닌 다양한 분야에서 동시다발적으로 발생하고 있으며 특히 디지털 전환, ESG, 탄소넷제로 등 미래국가산업 및 경제사회적 패러다임의 전환과 맞물려 전 세계적으로, 전 산업분야에서 첨단.신기술 관련 기술개발 및 제품 연구가 가능한 AI 기술인력 수요가 폭발적으로 증가는 추세



<그림 14> AI 관련 인재 수요증가 그래프

- (발전방향의 불확실성 및 선제적 인재양성의 필요성) 기술인력의 양성 및 육성은 수요시점에 비해서 시간적 격차가 발생하기 때문에 사전적으로 수요를 예측하여 대응하는 것이 중요함. 그러나 기존의 특정산업의 인재가 아닌 새로운 디지털 전환 산업의 미래 예측이 어려우며 이러한 불확실성의 증가는 수급 전망 등과 같은 기존의 정책적 틀을 사용하기 어려운 면이 있음. 따라서, 빠른 기술변화 속에서 첨단 및 신기술분야별 기술인력의 수급을 어떻게 모니터링하고 수요를 전망하며 최종적으로 관련 인재를 어떠한 방향으로 양성하고 수요를 대비할 것인지 근본적이며 신중한 접근이 필요함.
- (수급방식의 다양화) 필요한 디지털 관련 인력들의 수급 방식도 다양화될 것으로 전망됨. 최근 첨단 신산업의 경우 우리나라뿐만 아니라 전세계 수요가 동시적으로 발생하는 추세이기 때문에 기술인력의 국가간 유동성도 증가가 예상되며 국내 기술인력의 역량 수요 및 국제적 유동성에 대한 전략이슈들이 제기됨.
- (Domain knowledge 및 data 기반 기술인력 양성) 특정한 산업을 목표로 하는 기술지식 기반이 아닌 방법론적 적용지식기술 (적용분야 지식 [domain knowlege] 혹은 적용 데이터 [domain data])을 적용가능한 포괄적 융합 및 결합이 가능한 기술인력양성이 필요함. 예를 들어 데이터 사이언티스트가 아니라 데이터 관련 기술 지식과 분석 능력을 갖추고 또한 적용산업과 관련한 지식을 갖춘, 그러면서도 데이터를 기반으로 비즈니스를 설계할 수 있는 데이터 사이언티스트가 필요함. 첨단. 신기술분야의 경우 경쟁의 심화와 빠른 기술변화로 인하여 기업 내에서 더욱 도메인 지식을 갖춘 인력을 선호하고 있으며 도메인 지식 혹은 도메인 data 관련 이공계 전공자들을 주요 업종 외에 소규모의 여러 산업의 수요가 발생하는 상황을 대비할 수 있음.

- (다양한 data 처리 및 분석 전문가) AI시스템은 빅데이터의 분석 외에 데이터를 수집하여 가공하고 또한 서비스하기 위한 HW시스템에 이르기까지 복잡한 시스템적 구조를 가짐. 하나의 인공지능시스템에는 데이터분석 자체만으로도 다양한 전문가 집단이 필요하며 이를 통합하여 설계하고 조정하는 역할은 고도의 역량을 요구하게 되며, 각각을 담당하는 기술인력들도 다른 기술분야 전문가들과의 접점에서 업무를 해야 하는 상황에 직면함.



<그림 15> AI 관련 인재 domain data 처리 분석 전문가

■ 시사점: 디지털 관련 인력은 수요 양상이 복잡해지고 있으며, 불확실성이 증가하고 있고, 공급방식이 다양화되고 있기 때문에, 이를 대응할 수 있는 새로운 인력양성 프로그램이 필요하며, Domain knowledge를 겸비하고 domain data를 처리 및 분석 할 수 있는 (특정분야에 국한되지 않는) 포괄적 및 방법론 기반 융합 인력양성이 필수적임

제 3 절 우리나라 소재인력양성 현황 분석

□ (소재산업 동향) 제조업 내에서 높은 비중의 생산액, 부가가치액, 무역 흑자를 기록하고 있지만, 소재기술은 적자를 기록하고 있으며, 기술 투자 역시 미흡

- 2019년 기준 국내 소재산업의 사업체 수는 7,726개로 제조업 내 11.1%의 비중을 차지하는데 불과하지만, 생산액과 부가가치액은 각 20.2%(313조원)과 15.6%(86.9조원)에 이르는 등 높은 비중을 보이고 있음¹⁾
- 2021년도 소재산업은 수출 1,203억 달러로 제조업 내 18.7%의 높은 비중을 차지하고 있으며 무역수지는 390억 달러의 흑자를 기록하고 있으나, 소재기술의 수출은 12,780백만 달러, 기술도입은 17,098백만달러로 약 4,318백만달러의 기술무역 적자를 기록하고 있음¹⁾
- 소재분야 정부 연구개발투자는 8,731억 원으로 정부 연구개발예산의 3.89%에 불과하며, 2015년 이후 연평균 증가율 역시 4.9%로 정부의 전체 연구개발예산의 연평균 증가율(5.1%)보다 낮은 수준이며, 기업의 연구개발투자 역시 감소하는 추세임¹⁾
- 금속제품 분야에서는 철강분야의 사업체 수 및 생산액이 각각 33.7%(493개), 52.5%(60.6조원)으로 큰 비중을 차지했으며, 철강 압연·압출 등 가공재가 생산액 기준 46.1%로 가장 많고 대기업형 분야임. 비철금속에서는 알루미늄이 사업체 수 및 생산액이 33.7% 및 10.2%로 뒤를 이으며, 동이 10.8%, 11.9%로 철강과 알루미늄의 뒤를 잇고 있음
- 합성고무, 플라스틱 등 화학소재의 생산액은 40.6조원 규모로 금속산업의 뒤를 잇고 있으며, 유리, 세라믹 제품의 생산액은 10조원 규모이고, 섬유제품의 생산액이 2.8조원 규모임

□ (소재 산업의 주요 이슈) 선진국의 급격한 수요와 중국의 추격에 대응할 수 있는 신소재 고급 과기인력 수요가 폭발적으로 증가하리라 예상되지만, 미래 기술 선점을 위한 인력 공급이 미흡하리라 예상됨

- 온실가스 배출 규제가 점차 엄격해지면서, 친환경 소재를 포함한 전세계 소재 시장은 높은 성장률을 보이고 있으며, 우리 주력산업 (자동차, 조선, 기계, 건설, 반도체 등) 및 미래 신산업 (미래차, 항공, IoT가전, 에너지 등)에 핵심 소재를 공급하는 기반 산업으로서 4차 산업혁명 확산에 따라 첨단 소재 요구 증대됨
- 중국 소재 시장은 2000년 이후 글로벌 소재 시장의 생산과 수요 성장을 이끌어왔으며, 그간 양적 성장에서 벗어나 구조조정과 동시에 고급제품 생산을 확대하는 등 우리와의 기술 격차가 빠르게 축소하고 있으며, 미국과 유럽 등 선진국에서는 에너지 절감 및 CO2 배출 절감, 지속 가능한 성장에 대응할 수 있는 신소재 수요가 꾸준히 증가하리라 예상됨
- 향후 미래 산업 분야에서 스마트·친환경 소재 개발 인력에 대한 수요가 폭발적으로 증가하리라 예상되는 가운데, 인구 절벽으로 인해 이공계 인력 수급 부족이 심화되리라 예상되기 때문에 이에 대한 대책이 필요함. 특히, 2019년 조사한 5대 신산업 분야 부족 인원 결과, 차세대 반도체소재 분야 학사 766명, 석박사 -164명, 금속소재 분야 학사 652명 석박사 254명, 차세대 세라믹소재 분야 학사 364명 석박사 25명, 첨단화학소재 분야 학사 714명 석박사 57명, 하이테크 섬유소재 분야 학사 350명 석박사 15명 인력 공급 부족이 예측²⁾되어 신소재 고급 과기인력 공급이 심각한 수준으로 미흡한 것을 알 수 있음

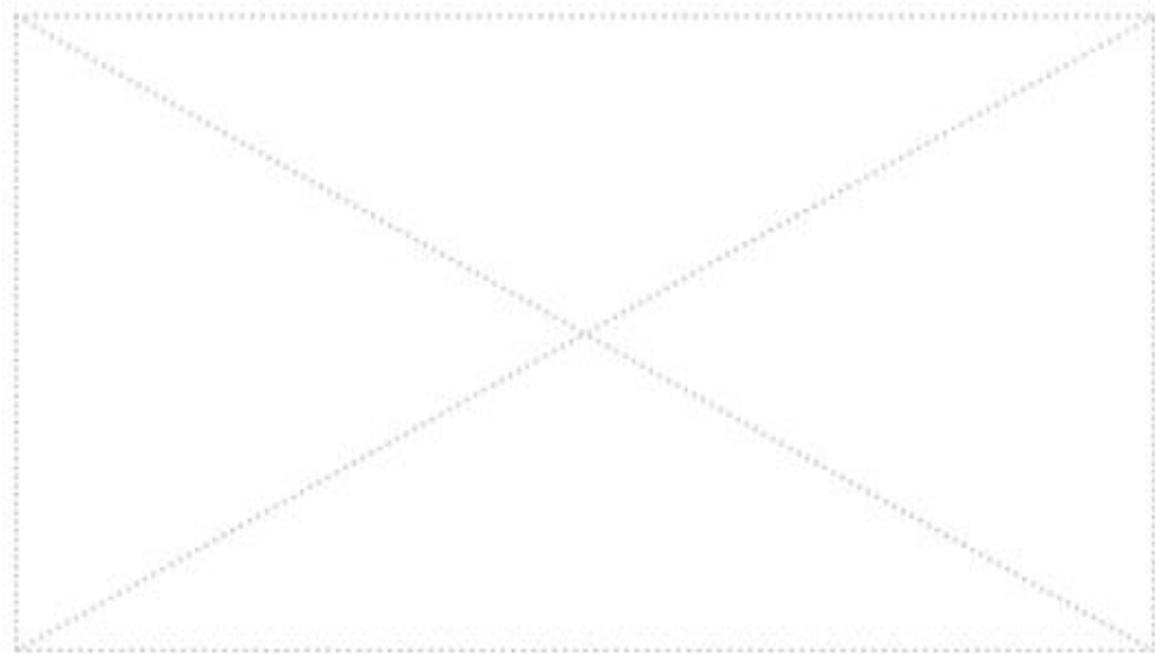
1) 소재기술백서 (2021) 한국재료연구원

2) 산업통상자원부, KIAT 외, 5대 신산업 분야 산업기술인력 전망보고서 (2021)

□ (신소재 분야 고급과기인력 배출 현황) 신소재 분야 석박사 진학 비율을 공학계열 대비 높은 편임

- 2021년도 국내 대학의 소재 분야 학과 수는 총 266개로 일반대학 219개, 전문대학 47개로 조사되었으며, 소재 분야 학과 수는 공학계열 전체 학과 수의 5.24%에 해당함
- 2021년도 국내 대학의 소재 분야 재적학생 수는 43,781명으로 일반대학 39,009명, 전문대학 4,772명으로 소재 분야 재적학생 수는 공학계열의 5.77%에 해당하며, 소재 분야 재적 학생 중 여학생의 비중은 22.76%에 해당하여 공학계열 여학생의 비중과 비슷한 수준을 보임

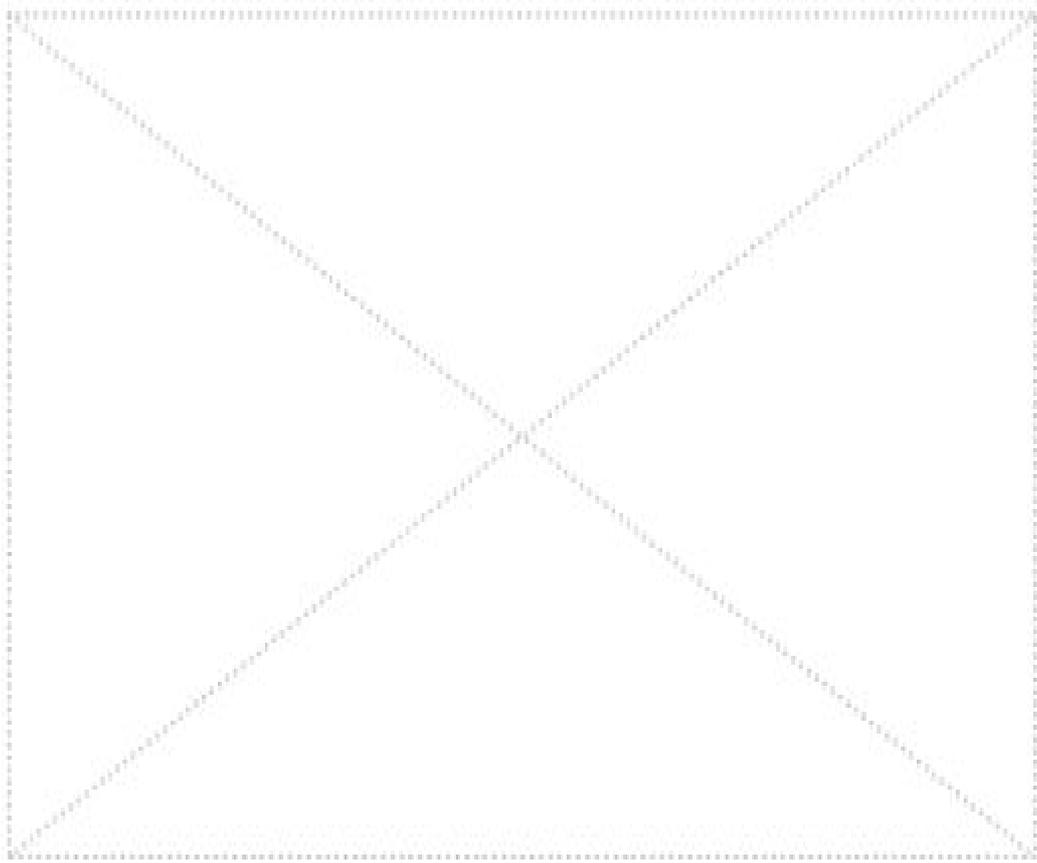
<표1> 대학유형별 학과 수 및 재적학생 수 (2021년)³⁾



- 2021년도 소재 분야 대학원 학과 수는 300개로 석사과정 175개, 박사과정 125개 학과로 구성되어 있으며, 공학계열 전체에서 소재 분야 대학원 학과 수 비중은 8.82%로 학부보다 3.4% 많아 다른 공학분야에 비해 대학원 학과 개설률이 높은 것을 알 수 있음
- 2021년도 소재 분야 대학원 재적학생 수는 총 5,439명으로 석사과정 2,991명, 박사과정 2,448명으로 공학계열 전체 소재 분야 대학원 재적학생 수 비중은 9.45%로 학부보다 3.68% 많아 다른 공학분야에 비해 높은 대학원 진학률을 보이는 것을 알 수 있음
- 2021년도 소재 분야 석사학위 취득자는 1,247명, 박사학위 취득자는 538명이며, 이 중에서 여자학위자는 석사 343명 (27.5%), 박사 100명 (18.58%)로, 여학생의 석사 진학률은 높은 편이지만, 박사 진학률은 낮은 편임을 알 수 있음

3) 한국교육개발원(교육통계서비스 <http://kess.kedi.re.kr>)

<표2> 대학원 학과 수, 재적학생 수, 학위취득자 수 (2021년)³⁾



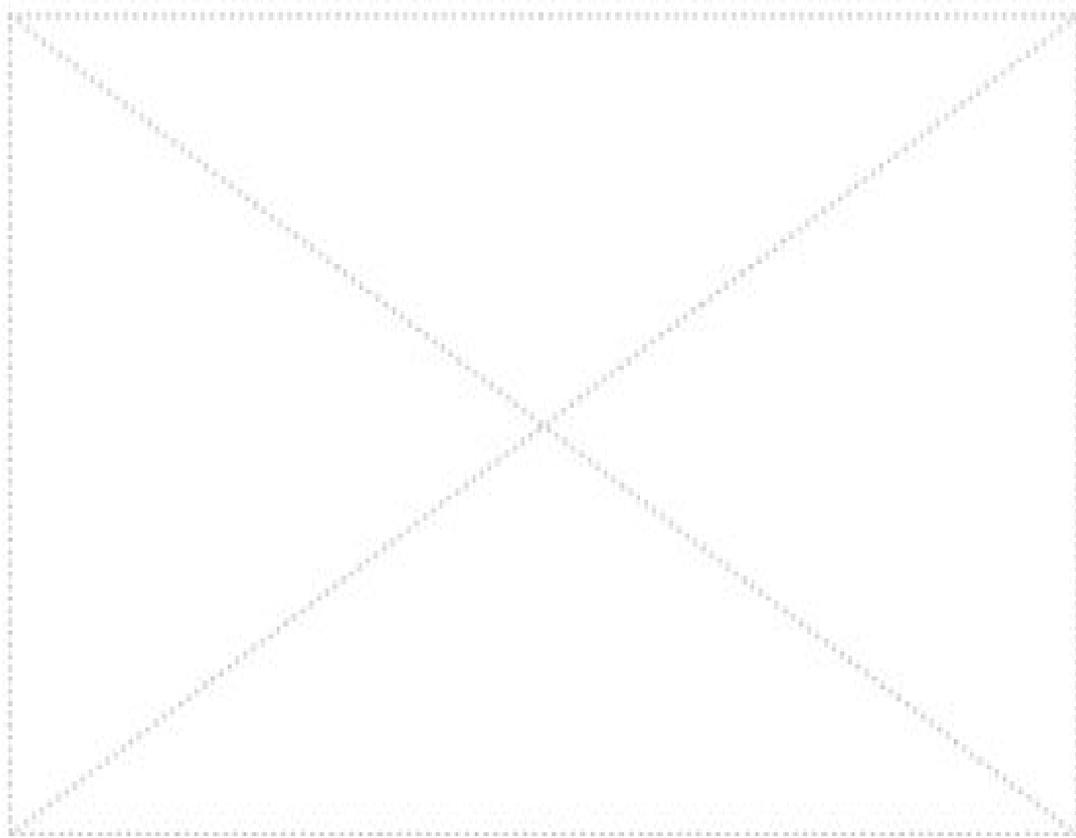
- (신소재 분야 고급과기인력 수급 현황) 신소재 분야 석박사 수급은 국내 산업이 성숙한 분야에 편중되어 있으며, 전략적 지원이 필요한 미래 산업 분야 석박사 학생 비율이 낮은 편임
- 현재 학위 과정 중인 대학원생을 대상으로 12대 전략 기술별 전공 분포를 조사한 결과, 반도체/디스플레이 비율이 36%로 가장 높았으며, 첨단 바이오 (16%), 이차전지 (15%) 등 현재 산업이 성숙한 기술 분야는 높은 비율을 나타낸 반면, 양자(2%), 첨단 모빌리티 (2%), 수소(4%) 등 현재 국내 산업이 성숙하지 않았으나 미래 전략적 지원이 필요한 분야는 낮은 비율을 나타냄을 알 수 있음
- 현재 학위 과정 중인 대학원생을 대상으로 5대 소재 분야별 전공 분포를 조사한 결과, 전자소재 분야가 40%로 가장 높았으며, 구조소재 26%, 바이오소재 12%, 에너지소재 10%, 정보소재 7%로 조사되었음



<그림 16> 현재 학위 과정 중인 학생의 12대 전략 기술별, 5대 소재 분야별 전공 현황 (2022년)

- (신소재 분야 고급과기인력 채용 현황) 현재 박사학위 연구원 수의 비중은 9.6%, 석사학위 연구원 수 비중은 32.8%로 ‘제1차 국가연구개발 중장기 투자전략 (2023~2027)’에서 제시하고 있는 “과학기술 석박사 연구인력 비중 50% 확대” 목표치에 7.6% 부족한 수치임

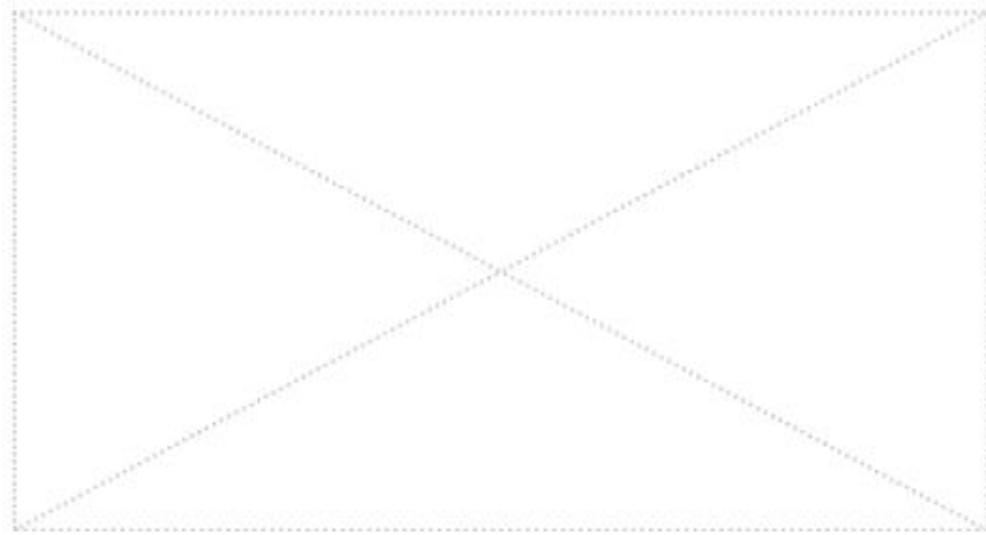
<표3> 우리나라 소재산업 연구개발 관계 종사자 수 (2020년)⁴⁾



- 2020년 소재산업 기업의 연구개발 관계 종사자 수는 전년 대비 1,588명 (-3.2%) 감소한 47,467명으로 이 중 연구원 수는 전년 대비 1,306 (-3.3%) 감소한 38,473명으로 전체 연구개발 인력의 81.1%를 차지하였으며, 연구보조 및 기능 인력은 6,697명, 행정지원 인력은 2,297명임
- 기업 전체 연구원 수 대비 신소재 개발 연구원의 비중은 9.6%, 제조업 연구원 수 대비 신소재 개발 연구원의 비중은 13.1%를 차지하고 있음
- 세부 산업별로 화학물질 및 화학제품 산업 연구개발 인력과 연구원이 각각 54.2%, 56.8%로 산업의 규모 대비 높은 연구인력 비율을 보이고 있는 반면, 금속 산업의 연구개발 인력과 연구원은 각각 10.8%, 10.2%로 산업 규모에 비해 낮은 비율을 보이는 것을 알 수 있음
- 2020년 소재산업 기업의 종업원 천 명당 연구원 수는 91.2명으로 제조업 평균보다 적음
- 세부 산업별로 화학물질 및 화학제품 산업의 종업원 천 명당 연구원 수가 127.1명으로 상대적으로 많으며, 나머지 4개 산업에서의 종업원 천 명당 연구원 수는 100명 이하로 나타났으며, 특히 1차 금속 산업은 45.7명으로 매우 낮은 수준임

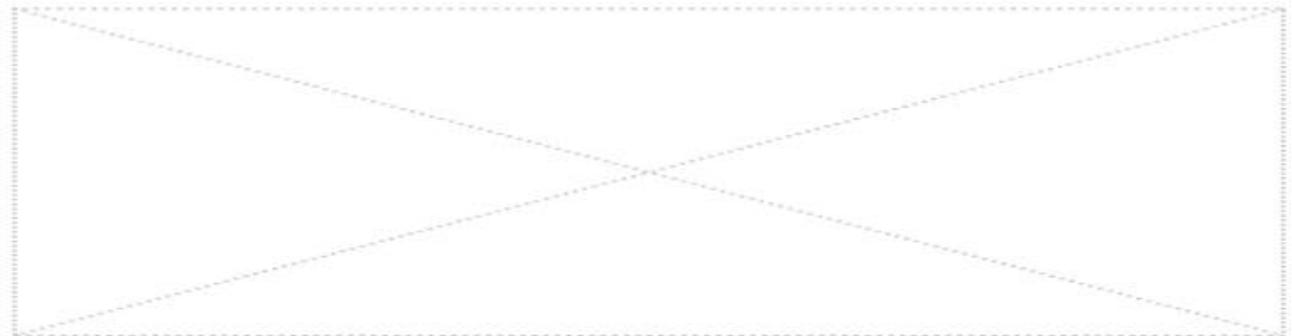
4) 과학기술정보통신부, 2020년도 연구개발활동조사보고서

<표4> 우리나라 소재산업 종업원 천 명당 연구원 수 (2020년)³⁾



- 소재산업 기업의 박사학위 연구원 수는 2020년 기준 3,695명이며, 석사학위 연구원 수는 12,638명, 학사학위 및 기타 연구원 수는 각각 19,404명 및 2,736명으로, 박사학위 연구원 수의 비중은 9.6%로 전체 기업 및 제조업 박사학위 연구원 수 비중보다 높은 수준이며, 석사학위 연구원 수 비중은 32.8%로 ‘제1차 국가연구개발 중장기 투자전략(2023~2027)’에서 제시하고 있는 “과학기술 석박사 연구인력 비중 50% 확대” 목표치에 7.6% 부족한 수치임
- 세부 산업별로 1차 금속 산업의 박사학위 연구원 수 비중이 17.6%로 가장 높았으며, 다음으로 화학물질 및 화학제품 산업 11.0%, 비금속 광물 제품 산업 7.9% 순임
- 소재산업 기업의 여성 연구원 수는 2020년 기준 8,633명으로 전체 연구원에서 차지하는 비율은 22.4%로 2015년 이후 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 세부 산업별로 섬유제품 산업 여성 연구원 수 비중이 36.2%로 가장 높은 수준이며, 다음으로 화학물질 및 화학제품 산업 28.6%, 고무 및 플라스틱 제품 산업 13.1%, 비금속 광물 제품 산업 9.5%, 1차 금속산업 7.2% 순임
- 지역별 소재산업 연구원 수는 경기 지역의 소재산업 연구원 수가 12,939명(33.6%)으로 가장 많았으며 다음으로 서울지역 5,224명(13.6%), 대전 지역 3,262명(8.5%) 순임

- (신소재 분야 고급과기인력 구인/구직자 설문조사 분석): **신소재 분야 고급과기인력 공급이 원활하지 않으며, 특히 석박사급 수급이 부족하고, 각 분야별 수급 불균형을 해결하는 것이 가장 시급한 과제로 판단됨**
- 신소재 분야 고급과기인력 구인/구직자 수급 불균형의 원인을 분석하기 위해, 763명을 대상으로 설문조사를 진행하였으며, ‘신소재 분야 인력 채용을 희망하는가’ 질문에 구인자의 60.9%가 ‘매우 그렇다’, 34.8%가 ‘그렇다’에 응답하였고, ‘원하는 신소재 분야 인력 채용이 어려운가’ 질문에 구인자의 68.2%가 ‘매우 그렇다’, 22.7%가 ‘그렇다’고 응답하여 신소재 분야 과기인력 채용이 직장 형태 (대기업, 중견기업, 중소기업, 연구소 등)에 무방하게 매우 어려운 상황임을 알 수 있음
- 구인자의 50%가 기계학습/인공지능 분야, 45.5%가 계산과학 분야, 54.5%가 금속소재 분야의 구인을 희망하고 있어, 앞서 조사한 배출 인력과 상당한 간극이 존재함을 알 수 있음. 또한, 구인자의 59.1%가 석사 이상의 인력 채용을 희망하고 있으며, 68.2%가 박사 이상의 인력 채용을 희망하고 있어서, 석사 이상, 특히 박사급 인재 채용이 원활하지 않음을 알 수 있음
- 신소재 분야 과기인력 구직자의 전공 분야는 에너지 32.5%, 반도체 31.3%로 인력 배출 현황과 유사한 추세를 나타내었으며, 구직자의 희망 연봉보다 구인자의 연봉 지급 계획이 높은 것으로 조사되어, 현재 신소재 분야 과기인력의 원활한 공급을 위해 각 분야별 수급 불균형을 해결하는 것이 가장 시급한 과제로 판단됨

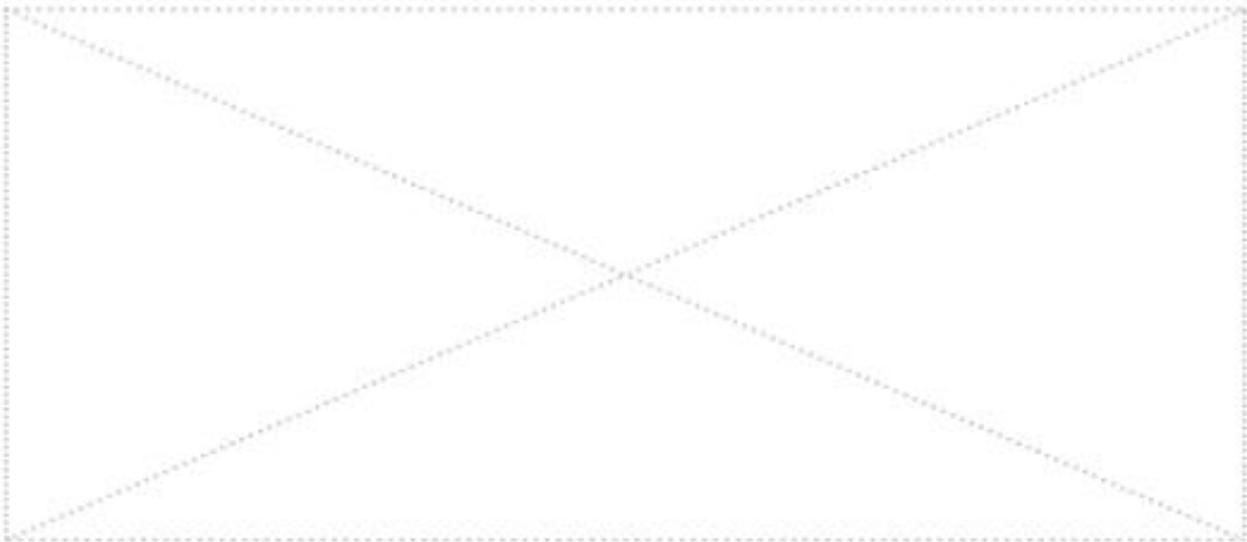


<그림 17> 신소재 과기인력 구인 직무 분야 및 희망 학력 (2022년)

< 의견수렴 : 현장의 목소리 (요약) >

□ 자문위원회 구성 및 의견 수렴

- 산·학·연, 12대 전략 분야, 지역의 고른 안배를 고려한 40여명의 전문가 자문위원회 구성 및 소재 관련 전 분야의 인력양성 방향 의견 수렴
 - 제1차 On-Line 자문위원회('22. 11. 4.) : 산·학·연 전문가 30명 참석, 신소재 과기인력양성 방향 논의
 - 제2차 Off-Line 자문위원회('23. 2. 3. 대전) : 산·학·연 전문가 20명 참석, 신소재 과기인력양성사업 추진전략 및 체계, 방법 등 토론



- ➡ 현장에서는 “디지털 역량과 신소재 전문 역량을 동시에 갖춘 인재”, “연구 결과의 현장 적용 경험을 갖춘 인재”, “산업 맞춤형 인재를 넘어선 산업 선도형 인재”를 필요로 하며,
 - 이를 위해 “데이터가 소재 개발에 활용될 수 있는 방법의 실질적이고 구체적인 실습과 활용”, “인력 부족 분야의 전략적 양성”을 요구

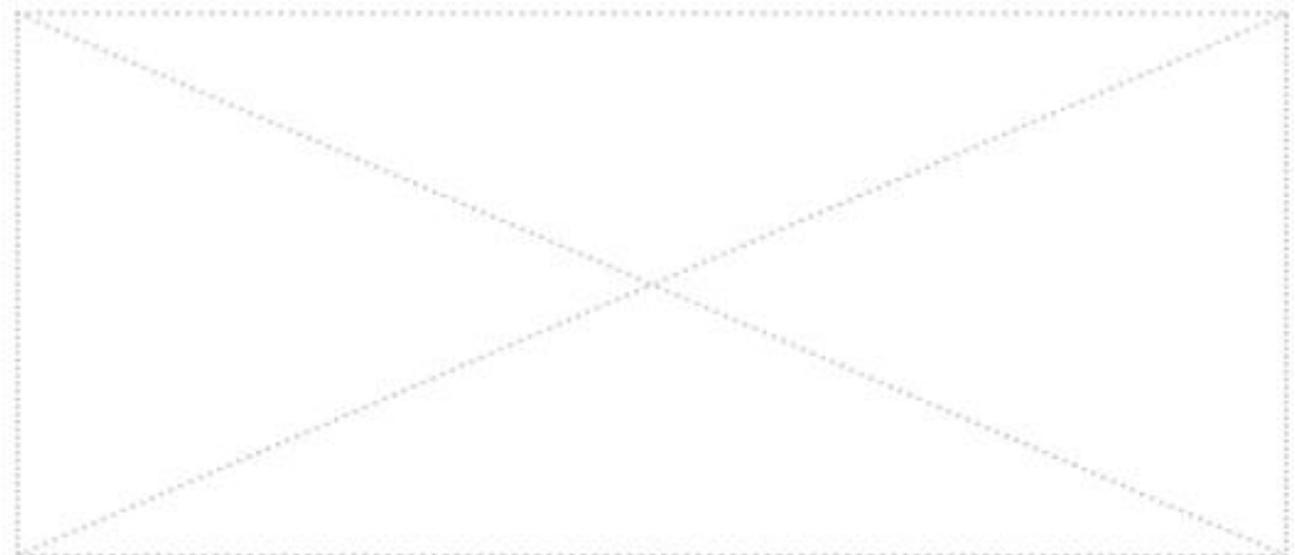
제 4 절 우리나라 정부 주도 인력양성 사업 현황 분석

□ (우리나라 과기인력양성사업 분석): R&D 인력양성을 위해 많은 투자가 이루어지고 있으나, 4차 산업혁명 대응 분야, 수급 불균형 분야 등 인력양성 공백 및 집중투자 분야 도출을 통한 효과적 지원 필요

○ 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)

- 차세대 인재의 창의적 역량 강화를 위한 SW 융합체험 및 교육 프로그램과 중장기 수학/과학 교육 방향 마련
- 신산업 중심의 현장 수요 및 문제 해결형 전문 인력을 양성하기 위해 산학협력 교육과정, 학부-대학원 연계 교육과정(URP), 캡스톤 디자인 등을 제공
- 박사 후 연구자(Post-Doc) 대상으로 '생애 첫 연구비 지원' 및 '최초 혁신실험실 구축' 등을 통해 잠재력 있는 신진 연구자 발굴과 성장을 지원
- 기업-대학원 연계형 대학원을 지정하고 운영하여 과학기술 인재의 경력 개발 지원
- '과학기술인력정책 온라인 종합정보시스템'을 구축하고 운영하여 여성 과학기술인의 활동 지원 및 과학기술인 연금 재원 확충 등 인재양성 인프라를 조성
- 혁신 성장 분야를 중심으로 '기술-인력양성-제도-정책'을 종합 지원하는 패키지형 연구개발 투자 플랫폼(R&D PIE)을 도입하여 혁신 성장 분야의 인재를 시스템적으로 육성

<표5> 제3차 과학기술인재육성·지원 기본계획 - 6대 전략분야



○ 제3차 과학기술인재육성·지원 기본계획(2016~2020)

- 제2차 기본계획(2011년~2015년)의 한계를 보완하고 사회변화에 맞게 구조와 추진방향을 새롭게 수립. 이전 정책은 인력 "양성"에 초점을 맞춘 정책 수립으로 인해 인력 "배분" 및 "활용" 관점의 연계가 미흡하다는 문제점이 있었음
- 제3차 과학기술인재육성·지원 기본계획은 과학기술인재를 2015년 기준 180만 명에서 2020년에는 220만 명으로 40만 명을 확대하고, 지속 가능한 과학기술인재 성장·지원 체계를 구축하는 것을 목표로 함

- 6대 전략(5대 전략 + 문화·인프라 전략)을 제시하여 '글로벌 시대, 도전하는 과학기술 인재 육성'이라는 비전을 실현하고자 함. 이 6대 전략은 과학기술인재의 취업·창업 역량 강화, 이공계 대학의 교육·연구 경쟁력 강화, 과학기술인의 경력개발 및 활동기반 확대, 미래인재의 창의적 역량 제고, 과학기술 잠재인력 활용 극대화, 과학기술인력 육성지원 기반 구축에 초점을 둠

○ 4차 산업혁명을 이끌어갈 인재육성 전략투자 계획(2019~2023)

- 혁신적인 인재 개발 기관 설립, 4차 산업혁명 핵심 분야의 선도 인재 1만 명 양성을 위한 세부 계획 수립
- (혁신적 인재 개발 기관 설립) 4차 산업혁명 분야에서 뛰어난 성과를 내는 아키텍트 수준의 소프트웨어 인재를 양성하기 위해 프랑스의 Ecole 42 교육기관과 같은 프로젝트 중심의 자기주도형 학습 방법을 기반으로 하는 비학위 혁신 교육 기관(가칭 이노베이션 아카데미)을 설립하고자 함
- (글로벌 마인드를 가진 선도 인재 개발) 해외의 우수 기업, 연구소, 대학 등과 협력하여 AI, 빅데이터, 블록체인, 미래 자동차, 드론, 신 에너지 산업, 정밀 의료, 신약, 의료기기 등 미래 유망 기술 분야에서 글로벌 경쟁력을 갖춘 석박사급 고급 인력 양성
- (세계 수준의 석박사급 AI 인재 양성) 세계적 수준의 연구 능력을 갖춘 인력 양성을 위해 AI 대학원을 설립하고 운영
- (산업 맞춤형 실무 인재 개발) AI, 빅데이터, 클라우드, AR/VR, 스마트 공장, 핀테크, 자율주행차, 드론 등 8대 혁신성장 분야에서의 산업에 맞춘 부트캠프 등 교육 프로그램을 통해 바로 투입 가능한 실무형 인재를 양성

○ 제4차 여성과학기술인 육성·지원 기본계획(2019~2023)

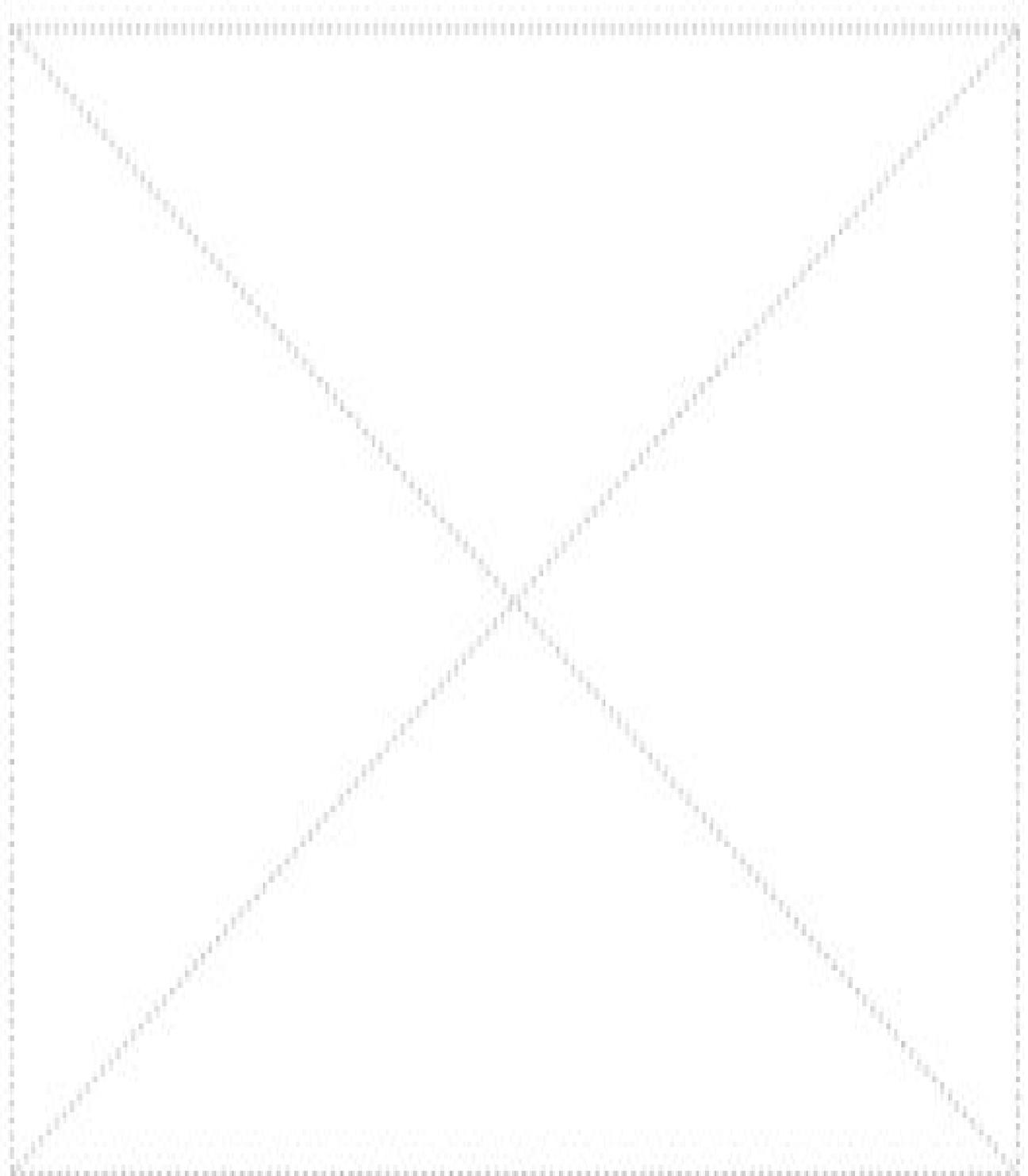
- 여성 과학기술인의 질적 성장과 잠재가치 실현을 위한 생태계 조성 및 성평등 사회 추구
- 창의적이고 융합적인 여성 인재를 지원하고, 신진 및 중견 연구자들의 혁신적이고 글로벌한 역량을 강화하여 질적 성장을 촉진
- 생애 주기별로 맞춤형 지원을 확대하여 '진입-성장-재진입'의 선순환 프로세스 구축. 남녀 공동·상생 패러다임을 기반으로 남성 중심 사회적 인식을 개선하고, 양성 평등을 실현하는 등 젠더 혁신 체계를 구축

○ 지적재산 인력 양성을 위한 제3차 종합 계획 (2018~2022)

- 수요 중심 교육, 일자리 연계 및 제도 개선 등 체계적인 지적재산(IP) 인력 양성을 위한 지원 시스템 구축
- 공정한 보상 문화 정착, IP-R&D 연계 능력 강화, IP 창출 인력 교육 프로그램 등을 통한 선도적 'IP 창출' 인재 성장지원
- 글로벌 IP 이슈 대응 서비스 인력 육성, 민간 및 공공 부문 IP 서비스 인력 양성, IP 권리화 및 보호 서비스 인력 역량 강화 등 'IP-서비스' 전문 인력 역량 강화 지원
- 창업 및 벤처 기업 IP 관리 역량 강화, 중소기업 맞춤형 IP 관리 인력 양성 지원 체계 구축, IP 체계적 관리 기반 마련, 글로벌 IP 관리 역량 강화, 현장 중심 IP 관리 인재 성장 지원

- 생애주기별 성장지원 프로그램, 발명과 기업가 정책을 연계한 '원스톱' 프로그램, IP 인식 개선 프로그램, IP 인력 육성 협력 연구 프로그램 등을 통해 현장 중심의 'IP 인재 육성 기반' 구축

<표6> 우리나라 정부연구개발 인력양성 주요 정책 요약

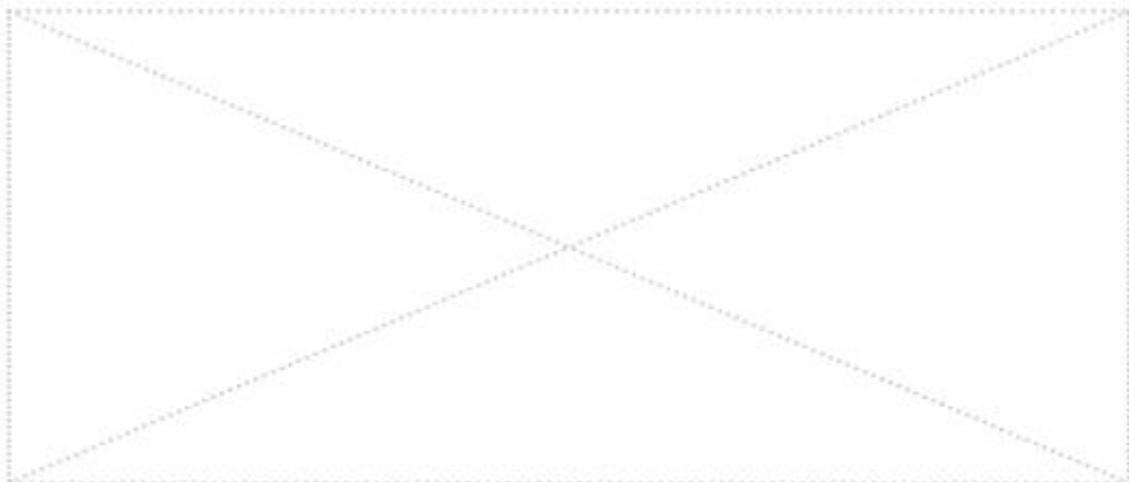


○ 산업통상자원부 인력양성계획(2018)

- 5개 세부 분야의 산업인력양성사업을 통해 새로운 산업 분야의 인력양성을 강화하고, 실무 경험을 갖춘 산업전문인력을 육성하며, 일자리 연계를 통한 사후 관리체계 강화를 3대 추진 방향으로 하고 있음
- '산업기술인력수급실태조사'를 통해 산업기술인력 수급현황을 파악하고, 현재 인력 현황, 부족분야, 향후 연도별 수급전망 등을 파악하여 인력양성을 진행하고 있음
- 산업분야: 3D 프린팅, 친환경·스마트 선박, 웨어러블 디바이스, 고신뢰성 부품, 고부가 금속소재 등 5개 신산업에서 석박사 인력을 지원
- 지역분야: 산학융합지구에서 학부생, 대학원생을 대상으로 기업과의 공동연구, 프로젝트 등을 통해 현장형 기술 인력을 양성
- 에너지분야: 태양광, 풍력, 원자력 분야의 석박사 및 재직자 등을 대상으로 기업 R&D 연계를 강화한 현장 맞춤형 연구 전문인력을 양성
- 무역분야: 지역별로 특화된 무역 실무 교육, 전자상거래 융합교육, FTA 활용 컨설팅 교육 등을 지원하는 지역특화 청년무역전문가 양성사업단을 운영
- 기타분야: 공학교육 혁신(캡스톤디자인, 교수 재교육, 신산업 교과, 기업연계 등)을 지속 추진하며, 경력단절 여성연구원을 대상으로 지원

○ 제4차 환경기술, 환경산업 및 환경인력 개발 계획 (2018~2022)

- 미래 환경 분야 수요를 반영한 국가 자격 종목 신설, 인문 공학 등 융합 인재 양성, 환경 경영을 주도할 창의 인재 양성 등 환경 인력 개발 인프라 구축
- 현장 연구 프로젝트와 4차 산업혁명 기반 지능형 인재 지원 등을 통해 혁신 환경 역량 확보
- 실무 교육과정을 개설하고 운영하여 현장 전문성 강화, 환경 인력 정보 및 취업 플랫폼 (Eco-Job) 구축을 통한 인적자원 활용과 관리 등의 지원



<그림 18> 우리나라 정부연구개발 인력양성 사업 지원 현황

○ 지원 대상별

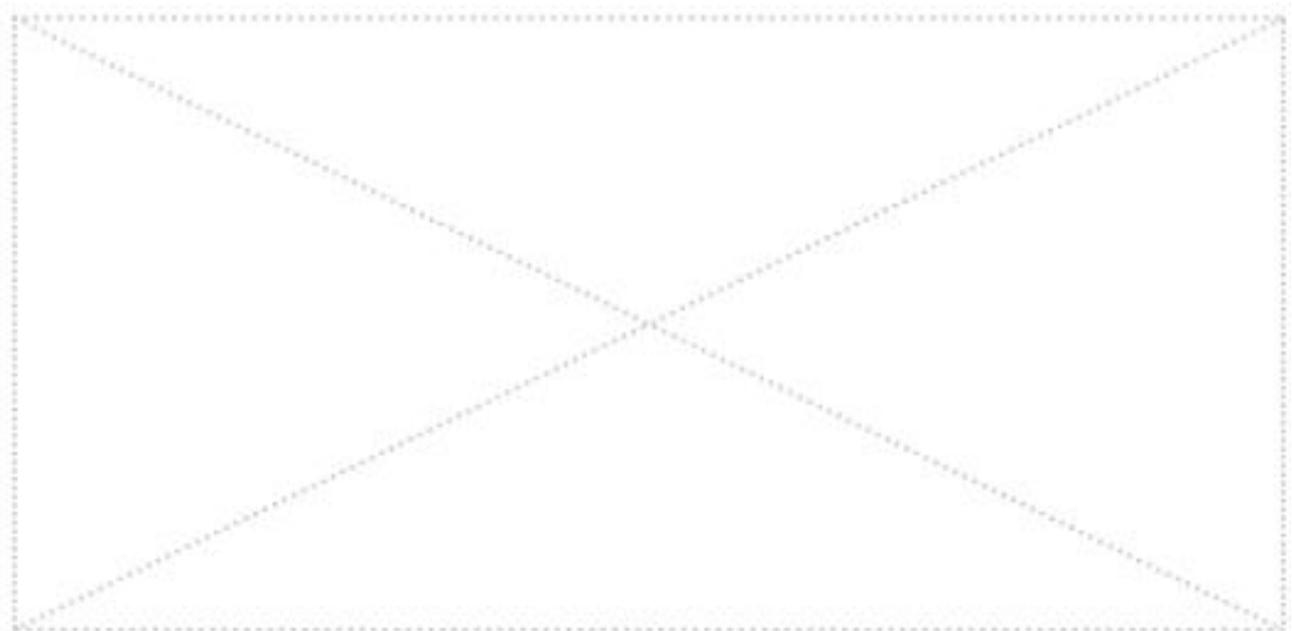
- 학사, 석사, 박사 과정 및 박사 후 연구원 등 '연구 인력' 지원이 전체의 93.0%(1조 137억원)를 차지
- 재직자 및 퇴직자 등 '산업 인력' 지원은 5.5%(594억원), 정책 및 생태계 조성 등 기타 1.5%(166억원) 수준

○ 지원 유형별

- 교육 훈련 54.8%(5,970억원)과 연구 지원 34.5%(3,760억원)을 중심으로 인력 양성 사업이 추진되고 있으며, 이는 전체의 89.2%(9,730억원) 수준
- 기타 유형으로는 해외 연계 4.7%(512억원), 인력 활용 및 현장 연수 4.5%(488억원), 정책 기반 및 생태계 조성 1.5%(166억원) 유형의 인력 양성 사업 등이 있음

○ 지원 부처별

- 교육부(6,848억원), 과학기술정보통신부(2,105억원), 산업통상자원부(1,306억원)가 과학기술 인력 양성 프로젝트의 대다수(94.1%)를 담당하고 있음
- (교육부) BK21플러스, 대학 혁신 지원, 산학 협력 개선 지원 사업 등을 통해 대학 및 대학원의 연구 능력 강화를 도움
- (과학기술정보통신부) 이공계 인재를 대상으로 학령기부터 은퇴까지 교육 훈련, 연구 지원, 현장 연수 및 해외 연계 등 다양한 형태로 지원
- (산업통상자원부) 석박사 과정 인재가 졸업 후 바로 취업할 수 있도록 산업체와 컨소시엄 등을 통한 교육 훈련 및 연구를 지원
- (기타 부처) 이공계 인재를 대상으로 중소기업 현장 연수를 중점적 지원(중소기업청) 또는, 건설 (국토교통부), 농식품 (농림축산식품부), 생명보건의료 (보건복지부), 산림 (산림청), 해양 (해양수산부) 등 각 부처별 특성 분야에 대한 인재 육성 지원



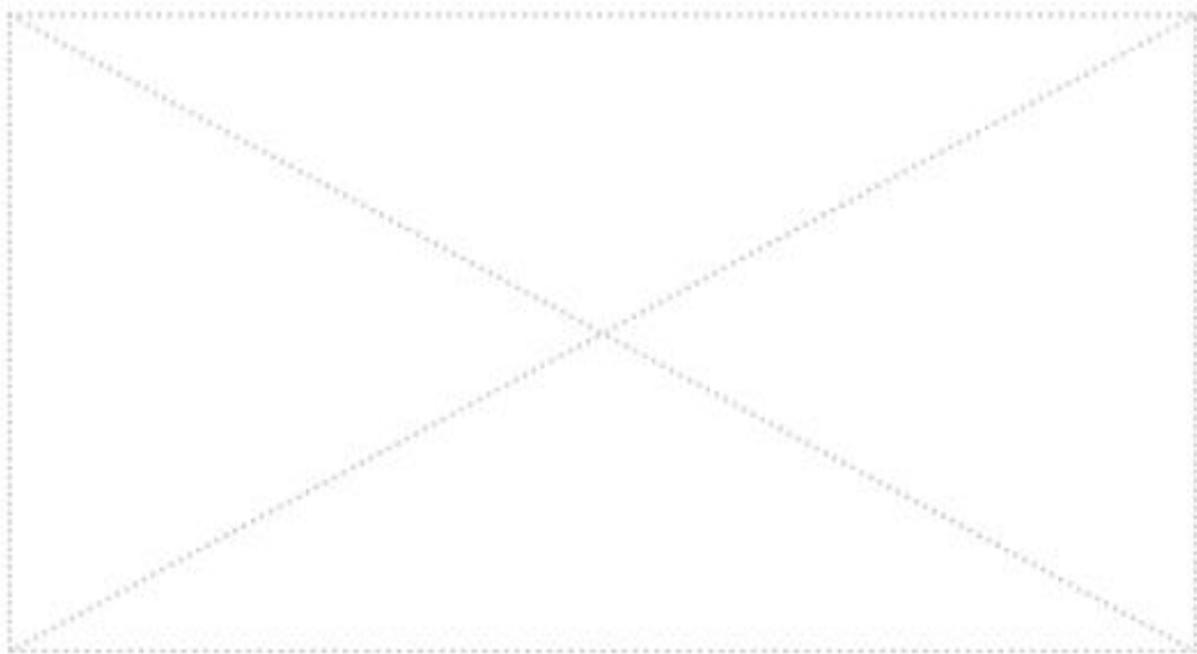
<그림 19> 교육부 첨단 분야 인재양성 학과 개편 현황

□ 과학기술 인재 육성·지원 정책

○ 이공계 대학생의 적응력 강화 사업

- 과학기술 및 ICT 기반 이공계 대학 혁신지원 전략 수립과 정책자문위원회 개최(4회)를 통해 대학 인재 양성과 연구 역량 강화
- 과기원 중심의 체험 및 문제 해결 중심 수업 방식 및 콘텐츠 혁신 강화와 공학 교육 인증제 활성화를 통한 우수 공학 기술 인력 양성
 - KAIST 양방향 온·오프라인 융합 실험실습 적용 과목 수: ('20) 25개 → ('21) 43개
 - KAIST 산학협력 인턴십 참가자 수: ('20) 57명 → ('21) 90명
 - UNIST AI 연계 융합 교과목 수: ('21) 7과목
 - 공학 교육 인증 졸업생 가점 부여 기업 수: ('20) 240개 → ('21) 260개
- SW 전문 및 융합 인재 양성 체계 활성화를 통한 개발 주도형 이공계 핵심 인재 양성 지원
 - SW 중심 대학 2단계 운영 및 SW 전문 및 융합 인재 양성 수: ('21) 총 41개교, 9,733명
 - SW 마에스트로 수료생 창업 실적 수: ('20) 110개 → ('21) 121개

<표7> 제4차 과학기술인재 육성지원 기본계획 ('21~'25) 중점 추진과제



- 대학 내 혁신 전문 교과목 운영 확대*와 산업체 수요 기반 연구 과제 신규 지원을 통한 문제 해결형 인재 양성
 - *신산업 분야 혁신 전문 교과목 개설 및 운영 건 수: ('20) 938개 → ('21) 1,122개
 - *X-Corps+ 실전 문제 연구팀 신규 지원 수: ('21) 60개팀 (미래형 모빌리티 27개팀, AI 및 스마트 팩토리 15개팀, 친환경 에너지 관련 18개팀)
- 폴리텍 대학 내 학과 신설 및 개편과 연계한 하이테크 과정 확대 추진* 및 직무 중심 고등 직업교육 모델 시범 운영
 - *폴리텍 대학의 하이테크 과정 수: ('20) 39개 과정 960명 → ('21) 45개 과정 1,095명
 - *마이스터 대학 시범 운영 사업에 참여한 대학 수: ('21) 5개 대학

- 신기술 분야별 대학간 컨소시엄 선정을 통한 교육 과정 공동 개발 및 운영*과 과기 특성화 대학 통합 교육 플랫폼 STAR-MOOC 강좌 개발 및 운영
- *신기술 분야별 교육 과정 개발 건수: ('21) 192건
- *STAR-MOOC 콘텐츠 개발 과목 수: ('21) 25개

○ 청년 연구자의 안정적인 연구 기반 마련 사업

- 학생 연구원들의 안정된 인건비 지급 체계를 강화하기 위한 제도 개선과 우수한 잠재력을 가진 박사 과정 학생들의 성장을 돕기 위해 연구 지원 확대
- 학생 연구원들의 안전을 강화하기 위해 연구실 안전 관리 제도 개선 및 인증 연구실 확대
- 대학원생 및 신진 연구 인력을 대상으로 과학기술 및 융합/복합 분야 연구 활동 지원 강화 및 대학 연구소 기반의 안정적 연구 환경 조성 지원 확대

○ 청년 과학기술 인력의 성장 지원 강화

- 출연(연) 박사후 연구원들의 안정적인 연수 기간 확보 기회 확대 및 젊은 박사 연구자들의 연구 정착 등을 위한 신진 연구 지원 확대 및 신설
- 연구자 주도 개인 기초 연구 지원 확대 및 융합 연구와 난제 도전 신진 연구 지원 강화를 통해 국가 과학기술 역량 강화
- 신직업 분야 진출 지원 강화 및 혁신적 기술에 대한 창업 사업화 신규 지원

○ 미래 유망 분야 혁신 인재 양성

- 인공지능 대학원 신규 선정 및 AI 분야 개방형 공동 연구 체계 신규 운영을 통해 세계적 수준의 연구 역량을 갖춘 글로벌 AI 우수 인재 양성
- 최고 수준의 석사 및 박사 연구 인력을 양성하기 위해 글로벌 SW 분야 주도 및 자기 주도형 다학제 융합 연구 교육 및 정 개발 및 운영
- 환경, 바이오, 디지털 등 신산업 분야 교육 시스템 구축을 통해 석사 및 박사 고급 인재 양성 확대

○ 과학기술 전문가의 평생 교육 지원 체계 강화

- 과학기술 전문가를 위한 개인 맞춤형 학습 지원, 연구 현장에서의 지식 공유 활동 촉진을 위한 온·오프라인 통합 학습 관리 시스템 및 교육 콘텐츠 개발·운영
- *과학기술 전문가용 학습 포털 '알파캠퍼스' 구축
- 다양한 고품질 온라인 학습 프로그램 제공 확대 및 재직자 친화적 교육 방식 활용 확산
- K-MOOC 신청 건수/만족도: ('20) 52.2만 건/85.4점 → ('21) 56.8만 건/87.4점
- K-MOOC 신규 개발 강좌 수: ('20) 254개 → ('21) 359개
- 매치업 교육과정 학습자 수(누적): ('20) 2.2만 명 → ('21) 4.8만 명
- 매치업 이수 결과 활용 기업 수: ('20) 73개 기업 → ('21) 88개 기업

○ 현장 수요 기반의 디지털 및 전문 역량 향상

- 기업과 지역 산업이 필요로 하는 AI 융합 인재 양성을 위한 특화된 교육과정 및 자기 주도적인 SW 혁신 인재 양성 강화
- 청년 구직자와 재직자를 대상으로 한 디지털 신기술 교육 활성화 및 융합 교육 인프라 구축
- 기존 산업과 AI 융합을 통한 디지털 혁신 인재 육성 기반 구축 및 주력산업별 AI 융합 교육 수요 반영한 교육과정 개발 및 운영

- 여성 과학기술인 성장 및 진출 활성화 체계 구축
 - 여성 과학기술인의 생애주기별 성장 플랫폼 운영 및 경력 단절 여성 과학기술인의 R&D 연구 현장 복귀 지원 확대
 - 육아휴직 및 대체 인력 지원금 확대를 통한 맞돌봄 문화 정착 및 R&D 전문 역량을 가진 대체 인력 활용 지원 규모 확대
 - 코로나19 상황으로 인한 기업의 유연 근무제 도입 지원 및 가족친화 인증 기업 및 기관 확대를 통한 가족친화 직장 문화 조성

- 고경력 및 핵심 과학기술 인력 역량 활용 강화
 - 출연 연구소 우수 연구자의 정년 연장 활성화 및 고경력 과학기술 인력의 기술 노하우를 교육 및 멘토링에 활용
 - *출연 연구소 정년 연장 대상 연구원 수 증가
 - *중소기업 기술 멘토링, 상시 현장 자문, 청소년 과학 교육 실시 등
 - 스마트 공장 구축 기업에 현장 경험 풍부한 퇴직 전문가(스마트 마이스터) 파견 확대 및 우수 숙련 기술 인력 지원 강화
 - *마이스터 풀 인원 및 수혜 기업 수 증가, 산업 현장 교수 기술 전수 및 컨설팅 증가
 - 퇴직 예정 고 경력 과학기술 인력 증가에 따른 경력 개발 교육과정 확대 및 인력 풀 확대를 통한 체계적 경력 관리 강화
 - *자가 설계 교육 횟수 및 수료자, 고 경력 과학기술 인력 풀(ReSEAT) 증가

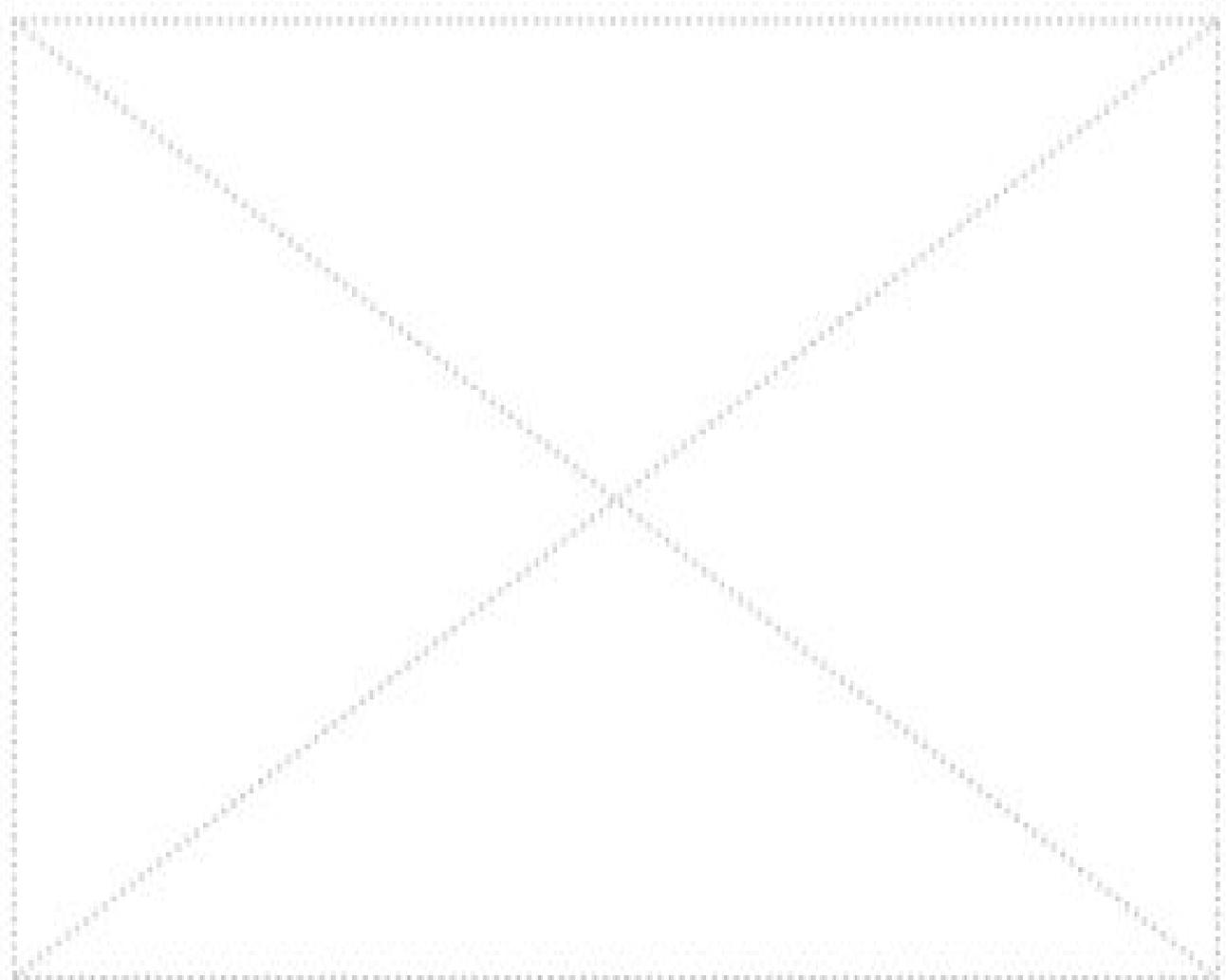
- 해외 인재 유입 활성화 및 산학연 인재 유동성 증대
 - 해외 우수 연구자 유치 및 공동 연구로 과학기술 능력 강화 및 해외 연구자용 종합 안내 포털 구축 및 운영
 - 해외 연구자 지원 및 공동 연구 성과 증가: SCI(E)급 논문: ('20) 388건 → ('21) 462건
 - *해외 연구자용 국내 활동 정보 포털(R&D in Korea) 구축 완료
 - 혁신 성장 분야 석/박사 학생의 해외 기관 연계 및 협력 지원, 해외 우수 스타트업 국내 액셀러레이팅 및 정착 확산
 - *스타트업 경진대회 조성 및 해외 스타트업 54개팀 대상 창업 보육 및 사업화 지원

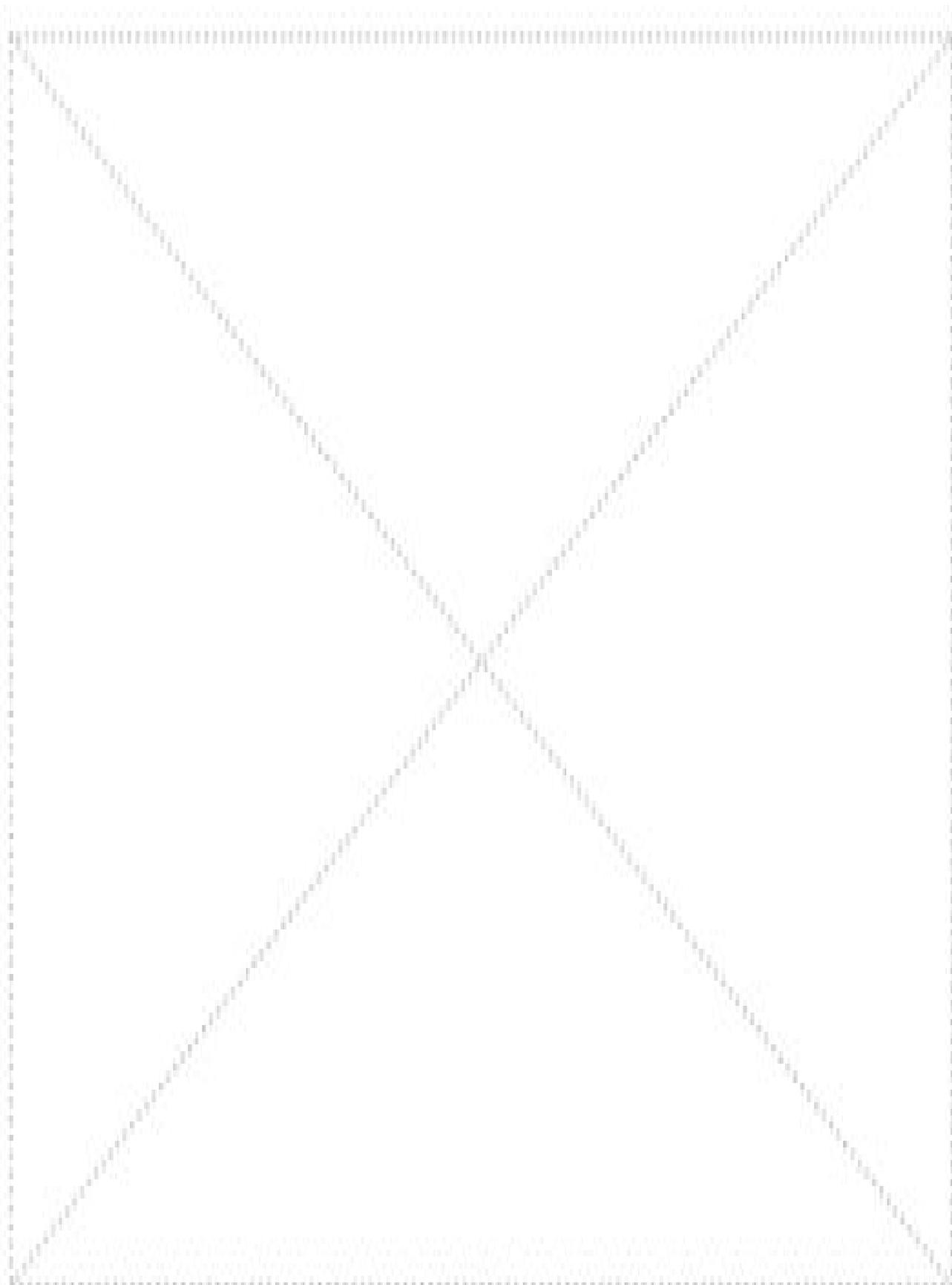
- 산학연 인재 유동성 확대 및 과학과 사회 소통 강화
 - 공공 연구 인력 파견으로 중소기업 기술 혁신 지원, 소부장 중견기업 현장 컨설팅 지원
 - *공공 연 전문 인력 114명 중소기업 파견, 소부장 중소/중견기업 기술 자문 13건 매칭
 - 대학 산학연 혁신 허브 건립 및 산학협력 마일리지 확대 등 인센티브 제도 마련
 - *캠퍼스 혁신파크 건립 및 신규 대상지 2개소(경북대, 전남대) 선정
 - *산학협력 마일리지 활성화 방안 발표

- 강화된 과학과 사회 간 소통
 - '사이언스올' 과학문화 포털의 특별 페이지 운영과 미래 세대 과학 교육 표준 적용을 통한 서비스 활성화* 및 과학 체험 공간 확대 및 구축
 - *신규 지역 어린이 과학 체험 공간 선정 및 과학문화 전문 교육 과정 증대

- 과학기술인을 위한 복지 콤플렉스 건설로 학술 활동, 창업 및 지식 교류 공간 제공
 - 인공지능 윤리 기준을 자율적 실천을 위한 자율 점검표 제공 및 연구 윤리 가이드라인 발행
- *연구 윤리 통합 안내서, 학회용 출판 윤리 길잡이 발행

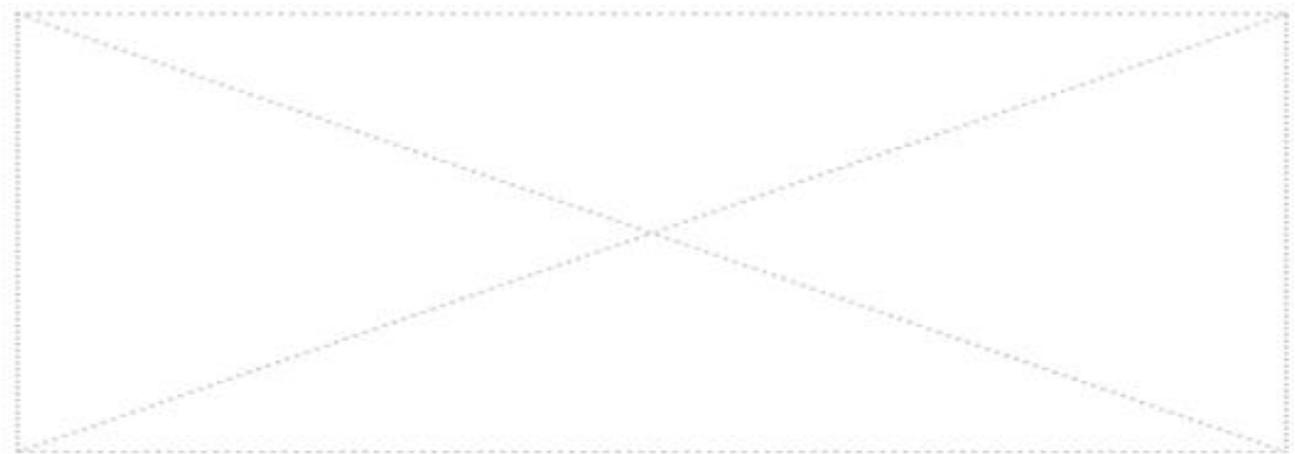
<표8> 과학기술 인재 육성지원 세부 추진 과제 및 고용 연계 성과 현황





○ 디지털 핵심 실무인재 양성사업 (K-Digital Training)

- 고용노동부가 첨단 및 신기술 분야의 인력 양성을 위해 적극적으로 시행한 사업
- 디지털 신기술 영역(빅데이터, IoT, 스마트 제조, AI, 클라우드 컴퓨팅, 정보보안, 실감 콘텐츠, 핀테크, 무인 이동체, 기타 디지털 신기술 융합 및 복합 분야)에서 문제 해결 능력을 향상시키기 위해 새로운 훈련 방식을 도입한 신기술 분야 실무 핵심 인력 양성을 목표로 함
- 대학뿐만 아니라 교육과정 운영 역량을 갖춘 기업, 혁신 교육 기관 등 다양한 조직을 통해 실무교육이 실시되고 있음
- 실무 역량은 훈련 과정 구성에서 훈련 유형을 K-디지털 유형 I 과 유형 II로 구분
- 유형 I 은 NCS 레벨 3~5 수준의 훈련 요구를 반영하는 반면, 유형 II는 NCS 레벨 5 이상의 과정으로 구성되어 있어 다양한 수준의 직무 역량에 맞춘 실무 교육 가능
- 훈련 분야는 기간산업 직종, 전략산업 직종, 서비스산업 직종 중에서 이전에 언급된 10가지 디지털 신기술 분야로 한정. 기간산업 직종에서는 관련 사항이 없으며, 전략산업 직종에서는 빅데이터 전문가, 사물인터넷, 증강현실, 3D프린터 운용, 로봇 시스템 통합자가 포함
- 서비스산업 직종에서는 홈 IoT 관리, 산업 IoT 관리, 클라우드 운영 관리, 빅데이터 분석, 빅데이터 UI 전문가, AI 활용 소프트웨어 개발 및 응용, VR/AR 콘텐츠 개발, 산업용 로봇 제어, 정보 시스템 구축(개발, 운영), 핀테크, 스마트 공장 설계, 스마트 공장 운영 관리 분야가 사업 대상



<그림 20> 데이터 청년 캠퍼스 사업 추진 절차

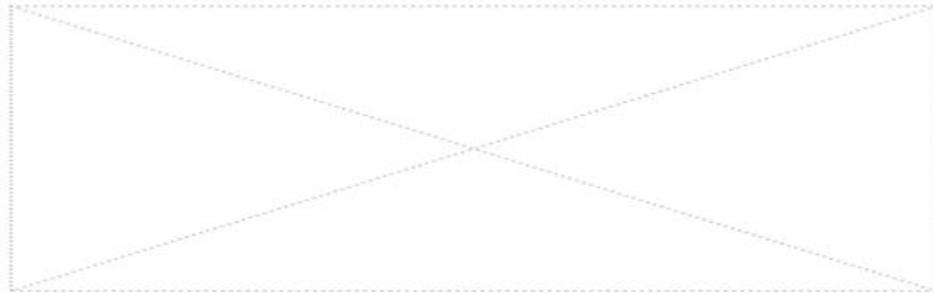
○ 데이터융합인재 (데이터 청년 캠퍼스)

- 산업 수요에 부응하여 청년 고급 인재를 실무 중심으로 양성하기 위한 프로젝트 기반의 데이터 전문 교육 및 일자리 연계 프로그램. 산학관 협력체계를 구축하고 역할 분담을 통해 교육 과정의 전문성을 향상시키고, 양질의 일자리를 연계하고자 함
- 교육 대상은 데이터 관련 전공을 가진 학부생(3·4학년) 및 석·박사(만 34세 이하의 청년)
- 과학기술정보통신부와 한국데이터산업진흥원이 데이터 청년 인재 양성을 위해 전액 무료로 지원하며 교육혜택으로는 대학별 우수 프로젝트 선정 및 시상, 취업 클리닉(자기소개서, 모의면접 코칭), 맞춤형 채용 정보 제공, 데이터 분석, SQL 등 자격증 취득 지원, 전문가 특강 및 기업 탐방, 채용박람회 개최 등이 있음
- 데이터 전문 기업 채용 연계를 통해 참가자들에게 좋은 일자리 기회를 제공하고자 함

□ 최신 동향 변화: 첨단·신기술분야 기술인력 수급의 변화

○ 변화하는 제품-기술 관계에 따른 첨단 및 신기술의 기반성

- 최근 첨단 및 신기술의 '기반성' 특성으로 인해 '제품과 기술 사이의 관계'에 변화가 예상됨. 기반성은 제품과 기술 사이의 1:1 관계가 아닌, 하나의 기술이 다양한 제품에 사용되는 것을 의미하며, 하나의 제품은 여러 기술들이 통합된 시스템으로 구성됨. 디지털 전환의 경우, 기존 제품에 추가적인 제품-기술 관계를 형성한다. 인공지능 기술이 대표적인 예로, 통신, 금융, 헬스케어, 물류 등 다양한 산업과 제조, 마케팅, 서비스 등 가치사슬 단계에서 활용됨
- 기반성 기술들은 1) 기반 기술 및 관련 자체를 공급하는 분야와 2) 적용 분야와 결합하여 새로운 제품이나 시스템을 구축하는 활용 영역으로 산업 구조가 형성되는 경향이 높음. 활용 단계가 다양한 산업에서 이루어지기 때문에, 기반 기술을 제품으로 활용하는 것은 추가적인 전문 지식과 역량이 필요함. 최근 첨단 기반 기술들은 기반 기술 공급 단계와 적용 분야와의 결합을 통한 새로운 제품 생산 단계가 서로 다른 기업, 다른 산업에서 이루어짐



<그림 21> 기반 기술들의 공급 구조

○ 첨단 및 신기술 분야의 기반성에 따른 기술 인력 수요 변화

- 기반 기술의 공급 영역은 기반 기술 개발, 제품 개발, 공정 개발 등의 전형적인 가치사슬 단계로 추진되고 기존 산업-기술 관계에 큰 변화가 없으며, 과거 SW개발, SI 업체들이 이에 해당함. 반면, 적용 분야와 결합되는 활용 영역에서는 적용 도메인 분야와 기반 기술의 결합 방식에 따라 다양한 형태의 기술 인력 수요가 증대됨
- 과학기술 및 ICT 기반 이공계 대학 혁신지원 전략 수립과 정책자문위원회 개최(4회)를 통해 대학 인재 양성과 연구 역량 강화

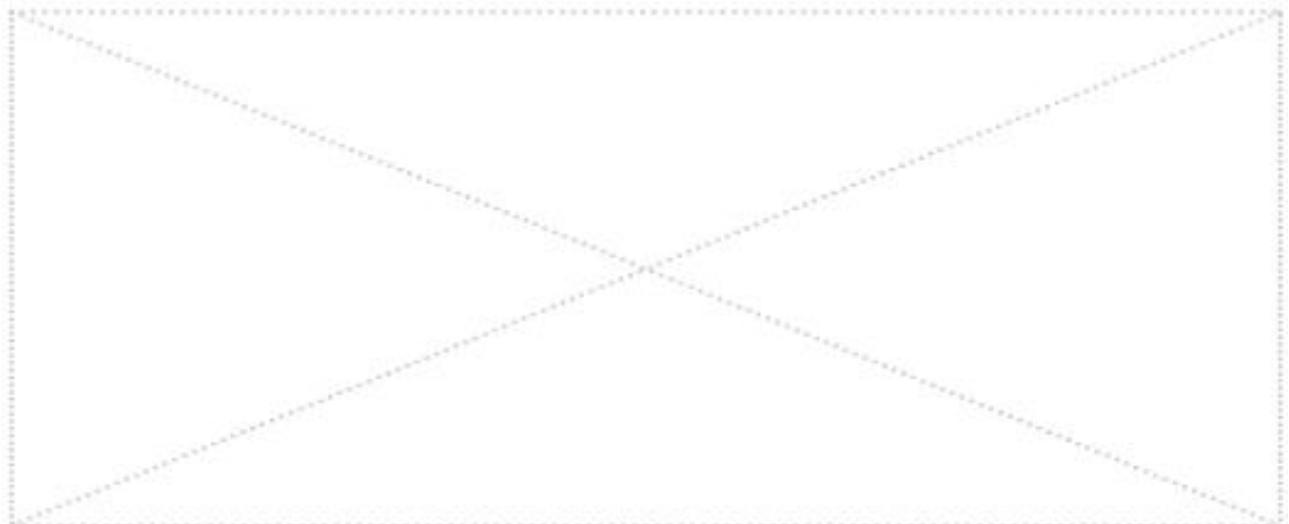
○ 대학 신기술 및 첨단 분야 인재 양성 사업 설립과 기존 재정 사업 활용

- 교육부는 첨단 기술 및 신기술 분야 인재 양성을 위한 대학 혁신 지원 사업을 계속해서 추진해 옴. 2018년부터 교육부는 4차 산업혁명 신산업 분야 인재 양성을 목표로 '사회 맞춤형 산학 협력 선도 대학 육성 사업(LINC+)' 내에 '4차 산업혁명 혁신 선도 대학 사업'을 시작함. 이 사업은 2021년까지 진행되었으며, 대학 내 다양한 학과가 참여하여 융합 교육 등을 통한 교육 과정, 방법 및 환경 혁신을 통해 스마트 공장, 스마트 모빌리티 등 미래 신산업 분야 인재 양성을 목적으로 함
- 2018년에 선정된 20개 대학에 추가로 2020년에 의료 빅데이터(건양대), 지능형 항공 모빌리티 산업(경운대), 스마트팜(공주대), 스마트팩토리(금오공대), 빅데이터 기반 헬스케어 플랫폼(대전대) 등 다양한 신기술 분야에서 20개의 새로운 대학이 선정되어 총 40개 대학에서 4차 산업혁명 관련 인재 양성을 위한 교육 혁신을 추진하였음. 이를 위한 새로운 교과목 개발, 온라인과 오프라인 연계 과목 개편, 그리고 5G 기반 드론 모빌리티 원격 제어 실험이 가능한 공동 설계 및 실험 공간을 구축하는 등의 활동을 진행함 (교육부 보도자료, 2020.5.22.)



<그림 22> 디지털 신기술 인재양성 혁신공유대학 개념도 (교육부 2021.02.24.)

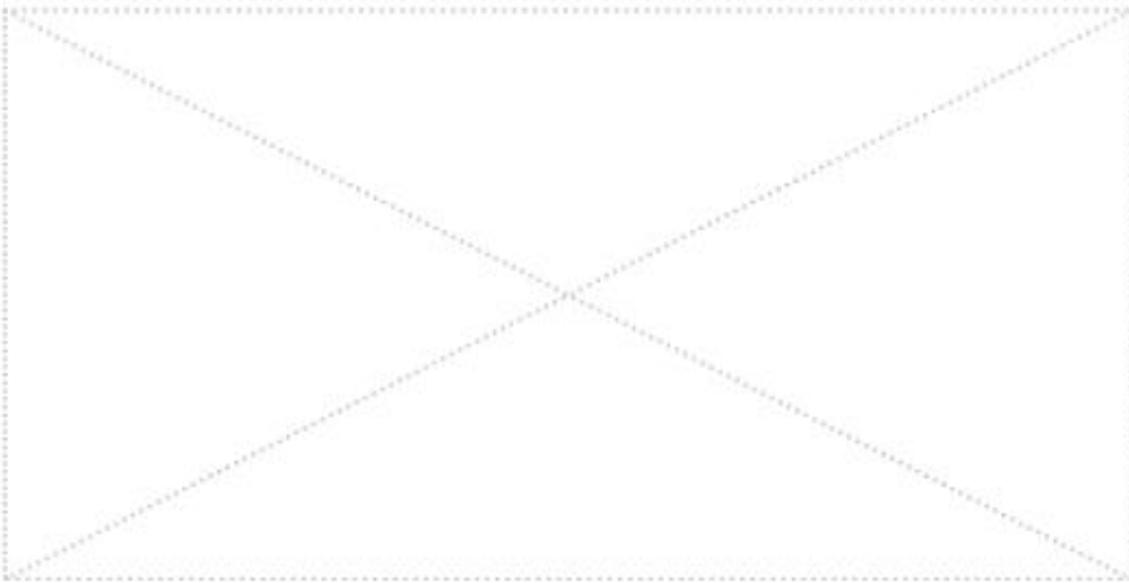
- '디지털 신기술 인재 양성 혁신 공유 대학 사업'은 2026년까지 신기술 분야 인재 10만 명을 양성하는 목표로, 개별 대학의 한계를 초월하여 대학 간, 기업, 연구소, 훈련 기관, 정부 부처와 협력하는 공유 대학 체제 구축을 목표로 함. 이를 위해 다양한 대학에 분산된 신기술 분야의 교직원, 교육 콘텐츠, 교육 시설 및 장비 등 인적 및 물적 자원을 공동으로 활용하고, 공유 가능한 표준 교육과정 개발을 추진함. 또한, 비전공생을 포함한 신기술 분야 교육 기회 제공이 주요 방향으로 설정됨(교육부 2021.2.24.)
- 인공지능, 빅데이터, 차세대 반도체, 미래자동차 등 8개 신기술 분야에서 각각 하나의 컨소시엄이 디지털 신기술 인재 양성 혁신 공유 대학으로 선정되었음. 2021년부터 시작하여 2026년까지 해당 분야 인재 양성을 위한 협력 모델을 구축하며, 학사제도 유연화, 교육과정 공동 개발 및 운영, 성과 공유 및 확산 등을 추진하고 있음(교육부 보도자료, 2021.5.4.)
- 교육부의 고등교육 지원 예산은 매년 증가하고 있으며 기존 대학 재정 지원 사업 내에서 첨단 및 신기술 분야 인력 양성을 대상으로 한 지원도 늘어나고 있음. 특히 4단계 BK21은 사회 변화에 선도적으로 대응할 창의적, 도전적 인재 양성을 주요 목표 중 하나로 설정하고, 혁신 인재 양성 사업을 신설하였다. 이를 통해 신산업 분야의 경쟁력 제고와 산업 및 사회 문제 해결을 선도할 혁신적인 융복합 연구 인력 양성을 목표로, 연간 1,187억 원 규모로 6,400명의 인력 양성을 지원할 계획임(교육부 보도자료, 2020.2.7.)



<그림 23> 4단계 BK21 사업 구조

- 2012년부터 진행된 주요 산학 협력 프로젝트인 LINC사업은 '3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)'을 시작하면서 첨단 및 신산업 분야 인력 수요에 대해 체계적으로 대응하고 있음. 미래 산업을 대비한 인재 양성 체계를 주요 추진 전략으로 설정하고, 첨단 산업과 같은 산업 분야를 중심으로 융합 및 복합 교육 과정의 확산, 전공 교육의 재구성, 산업체와 대학원의 참여 확대, 표준 현장 실습 학기제 지원 등을 수행하고 있음. 이를 위해 개별 교과목 수준의 산학 연계를 첨단 분야 정원 제도 개선을 통해 새롭게 설립되거나 확장되는 첨단 학과의 전공 교육으로 확대하고, 대학원과 연계하여 고급 산학 연계 교육 프로그램 개발 및 확산을 포함하고 있음

<표9> 3단계 LINC 중점 변화방향



○ 기존 사업 요약

- 이공계 대학생의 적응력 강화 사업: 대학 인재 양성, 공학 교육 인증제 활성화, SW 전문 및 융합 인재 양성, 문제 해결형 인재 양성, 폴리텍 대학의 하이테크 과정 확대, 컨소시엄을 통한 교육 과정 개발 및 운영
- 청년 연구자의 안정적인 연구 기반 마련 사업: 인건비 지급 체계 강화, 연구실 안전 관리 제도 개선, 대학 연구소 기반의 안정적 연구 환경 조성 지원 확대
- 청년 과학기술 인력의 성장 지원 강화: 출연(연) 박사후 연구원들의 안정적인 연수 기간 확보, 개인 기초 연구 지원 확대, 신직업 분야 진출 지원 강화
- 미래 유망 분야 혁신 인재 양성: 인공지능 대학원 신규 선정, 글로벌 SW 분야 주도 및 다학제 융합 연구 교육, 신산업 분야 교육 시스템 구축
- 과학기술 전문가의 평생 교육 지원 체계 강화: 개인 맞춤형 학습 지원, 과학기술 전문가용 학습 포털 '알파캠퍼스' 구축, 다양한 온라인 학습 프로그램 제공 확대
- 여성 과학기술인 성장 및 진출 활성화를 위한 생애주기별 성장 플랫폼 운영, 맞돌봄 문화 정착, 가족친화 직장 문화 조성, 고경력 및 핵심 과학기술 인력 역량 활용 강화를 위한 정년 연장, 기술 노하우 전수 및 멘토링, 경력 개발 교육과정 확대
- 해외 인재 유입 활성화 및 산학연 인재 유동성 증대를 위한 해외 연구자 유치, 공동 연구 성과 증가, 해외 기관 연계 및 협력 지원

- 산학연 인재 유동성 확대 및 과학과 사회 소통 강화를 위한 공공 연구 인력 파견, 산학연 혁신 허브 건립, 과학 체험 공간 확대 및 구축. 현장 수요 기반의 디지털 및 전문 역량 향상을 위해 교육과정 및 인프라 및 AI 융합 인재 양성, 디지털 혁신 인재 육성 기반 구축
- 디지털 핵심 실무인재 양성사업(K-Digital Training)은 첨단 및 신기술 분야의 인력 양성을 목표로 한 사업으로 다양한 조직을 통해 실무 교육이 실시되며, 훈련 분야는 기간산업 직종, 전략산업 직종, 서비스산업 직종 등 10가지 디지털 신기술 분야로 한정됨
- 데이터융합인재(데이터 청년 캠퍼스)는 산업 수요에 부응하여 청년 고급 인재를 양성하기 위한 프로젝트 기반의 데이터 전문 교육 및 일자리 연계 프로그램으로 교육 대상은 데이터 관련 전공을 가진 학부생 및 석·박사로, 교육과정은 무료로 제공되며 다양한 혜택이 포함됨.
- 과거 정책들은 특정 기술이나 산업에 초점을 맞춰 양적 공급 계획을 중심으로 설계되었다는 비판이 있었지만, 최근의 프로젝트와 정책에서는 각 역량별, 분야별 인력 수요 차이를 인식하고 이에 따른 다양한 양성 및 육성 방식을 고려하고 있음

<표10> 첨단 신산업 관련 대학(원) 학제 개편 지원 현황

○ 기존의 이공계 인력양성 사업 개선 방안

- 기존의 이공계 인력양성 사업은 다양한 방면에서 청년과 고경력 인재의 성장과 안정적인 연구 환경을 마련하려는 노력을 포함하고 있음. 과학기술 인재 양성에 초점을 맞추되, 산업계, 정부, 현장 전문가 등과의 협력 강화가 필요하고 교육의 질 향상을 위해 양질의 온라인 교육 콘텐츠와 플랫폼을 운영해야 함
- 과학기술 인재의 실질적인 직무 역량 강화를 위해 기초 지식뿐만 아니라 직무 기술 및 창의력, 팀워크 등의 소프트 스킬 교육 강화
- 인재 양성의 결과물이 기업 및 사회에 실질적인 영향을 미칠 수 있도록 학문적 활동뿐만 아니라 기업 현장에서의 적용 가능성에 중점을 둔 교육과정 개발
- 취업률 및 기업과의 협력 강화: 현장 수요 기반의 교육과정 개발이 이루어지고 있지만, 학생들의 취업률 향상을 위해 기업과의 협력을 더욱 강화할 필요가 있음. 산업 현장에서 필요한 실무능력을 키우는 교육 프로그램을 개발하고, 기업과 학교 간 인턴십 기회를 확대해야 함
- 지역 간 격차 해소: 지역 간 교육 격차를 줄이기 위해, 지역 특성에 맞는 인재 양성 프로그램을 개발하고, 지역 산업 발전에 기여할 수 있는 인력 양성에 집중해야 함
- 정부 지원 및 재정 안정성 확보: 이러한 사업들의 지속 가능성을 확보하기 위해서는 정부의 지원과 재정 안정성을 확보해야 함. 정부와 사업 주체들 간 협력을 통해 재원 확보를 위한 전략을 수립하고, 효율적인 자원 배분을 통해 사업의 성과를 높여야 함
- 성과 측정 및 평가 체계 개선: 이공계 인력양성 사업을 효과적으로 운영하고 피드백하기 위해 성과 측정 방법을 도전적으로 개선해야 함

○ 세부 개선 방안

- 신규 소재 분야 과학기술 인력 양성을 위한 교육 프로그램 개발
- 기업과 협력하여 교육과정의 산업 수요에 더욱 부합하는 내용으로 개선
- 국내외 기술 동향과 산업 변화를 지속적으로 파악하여 교육 과정 업데이트
- 실무 경험이 풍부한 전문가와 현장 기술자를 초청하여 특강 및 멘토링 확대
- 실무 중심의 프로젝트 기반 교육을 강화하여 참가자들의 문제 해결 능력 향상
- 지역별 산업 특성을 고려한 맞춤형 교육과정 개발 및 운영
- 교육생들의 취업률 향상을 위한 기업과의 협력 및 취업 지원 확대
- 다양한 배경의 인재들이 과학기술 인재로 성장할 수 있도록 지원하는 프로그램 개발
- 교육 프로그램에 대한 국제 협력 강화 및 해외 과학기술 인재와의 교류 프로그램 확대
- 지역 사회와 협력하여 국가 과학기술 인프라 개발 및 지역 발전과 인재 육성 동시 추진
- 인공지능, 소재 등 미래 성장 동력이 될 수 있는 분야에 대한 연구 지원 및 인재 양성
- 장학금 제도 개선, 연구 기회 제공, 창업 지원 등 다양한 경로를 통한 인재 육성 지원 확대
- 대학 및 기업 간 산학협력 프로그램 확대, 공동 연구 프로젝트 및 인턴십 프로그램 등을 통한 현장에서의 실질적인 경험 획득

□ (우리나라 신소재 인력양성사업 분석): Data-driven 신소재 고급과기인력 양성사업의 부재

○ 교육부: 기초과학 인재 양성 중심

- 교육부 주관의 대표적인 대학원 인력양성사업은 BK21이 있으나, Bottom-up 구조의 주제 제안 방식으로 인해, 국가 전략/사회 이슈 분야의 전략적 인력 양성이 어려움
- 교육/연구/산학 분야의 정량적 개별 평가를 통해 사업단을 선정하는 방식이기 때문에, 양성 인력보다는 참여교수의 성과위주 평가가 이루어지고 있고, 교육/연구/산학 간의 유기적인 연계가 부족하고, 이는 양성 인력과 현장의 수요간 불균형을 초래할 수 있음

○ 산업통상자원부: 현장형 인재 양성 중심

- 정부 부처 중 예산 지원 금액 절반 이상으로 중요한 역할을 담당하고 있으며, 다양한 응용 분야에서 현재 인력수급이 요구되는 분야를 위주로 인력양성사업 지원
- 현재 산업이 성숙해있는 분야를 위주로 지원하기 때문에, 미래 성장 잠재력이 큰 신산업 인력 양성 대응에 어려움이 있으며, 기술을 선도할 수 있는 박사급 인력보다는 현장에 바로 투입될 수 있는 추격형 인력양성에 집중하여, 이미 개발된 기술 트레이닝을 목표로 하는 경우가 많음

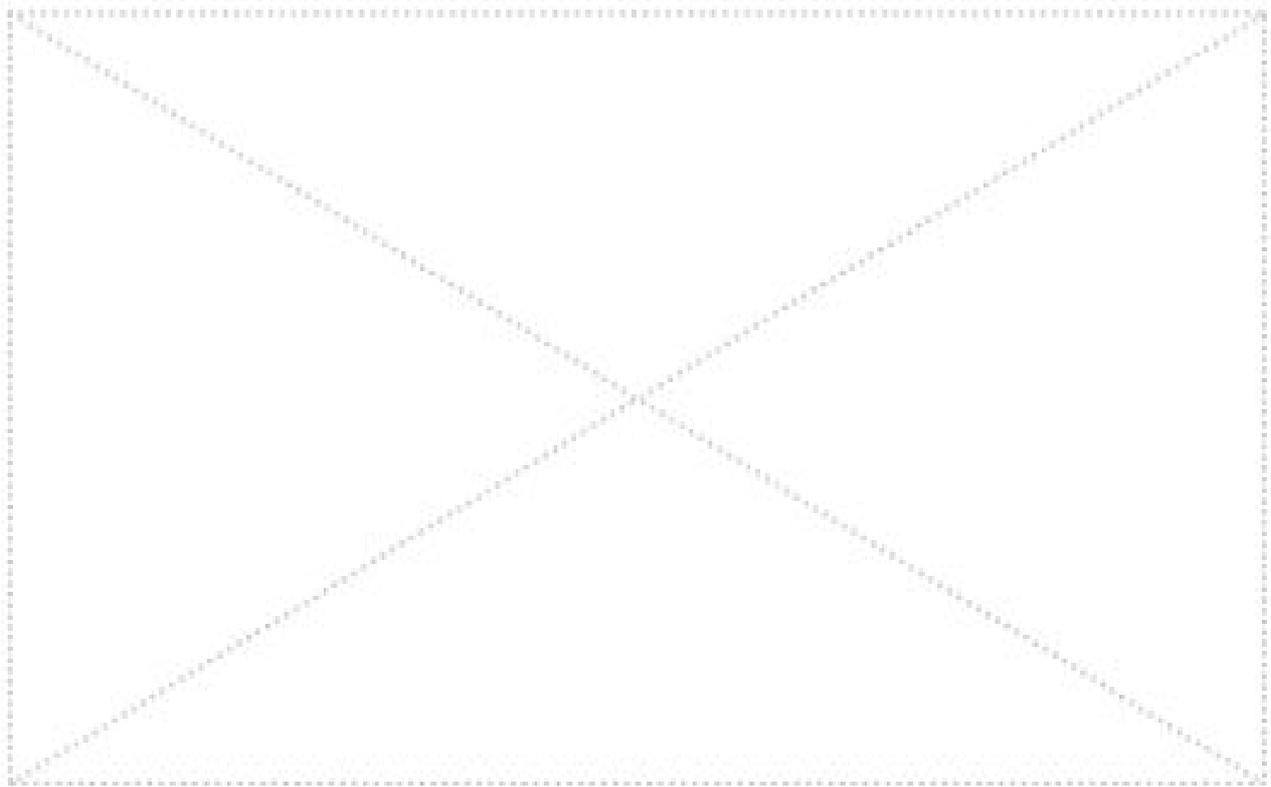
○ 과학기술정보통신부: 미래 과기분야를 선도할 수 있는 고급과기인력 양성

- 교육부와 산업통상자원부의 중간 영역에서, 국가 전략/사회 이슈 분야의 필요 과기인재를 전략적으로 양성하되, 당장 현장 투입이 가능한 현장형 인재보다는 우리나라의 과학기술을 선도할 수 있는 First-mover형 인력양성을 목표로 하고 있음
- 아래 표에서와 같이 2022년도 과학기술 혁신인재양성사업에서 다양한 과기인력양성 사업이 추진되었음
- 추진되고 있는 다양한 사업은 대부분 시스템 설계 인력 양성에 편중되어 있으며, 신소재 과기인력 양성 사업이 누락되어, 미래 신산업의 소재 원천기술 확보에 어려움이 있을 수 있음

<표11> 2022년도 과학기술 혁신인재양성사업 예산 및 내용

사업	세부 내용	예산/기간	인력양성
데이터사이언스 융합인재양성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 석박사교과과정 개발 (융합학제) ■ 교육/연구과정 개발 (프로젝트, 인프라 등) ■ 연구 확산: 진로 상담, 창업 멘토등 	단독형1개: 연 20억/7년 컨소시엄형1개: 연 50억/7년	석박사배출 (단) 연 40명 (컨) 연 100명
양자정보과학 융합전문인력양성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연구실(lab)-연구소-기업 컨소시엄 ■ 교육과정 (다학제2년)+현장실습(1년)+인턴십(1년) 	'22년 1개, '23년 1개 연 10~40억 (연도별 차등 예산)	9년간 180명
우주분야 전문인력양성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수송기술, 탐사/자원, 통신 등 5개분야 ■ 학(교육)-연(교육참여, 채용)-산(지원, 채용) ■ 연구 및 교육 지원 	연 10억원x 5개/5년	5년간 250명
육해공무인이동체 혁신인재양성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육인프라 구축 ■ 고등전문인력양성 (협동과정) ■ 산업현장인력보수교육 	300억원 (연도별 차등예산)	매년 120명 매년 600명
기후기술인재양성 시범사업	<ul style="list-style-type: none"> ■ 준비단계 (첫학기):강의식교육 ■ 연구수행단계 (2,3학기): 팀프로젝트 	센터 2개, 센터당 5개팀 총 88억원/3년	총 120명
가속기인력양성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인력양성: 석박사교육과정, 학점교류 ■ 활용지원: 실습비 전액 지원 	인력양성 2개, 총 212억/6년 활용지원 2개, 총 55억/6년	총 85명
감염병연구 전문인력양성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 백신/치료제: 교육 프로그램 ■ 연구개발서비스: BL3 활용/지원인력 	연 10억/6년 연 20억/6년	

○ 인력양성 공백 분야 및 인력양성사업 전략

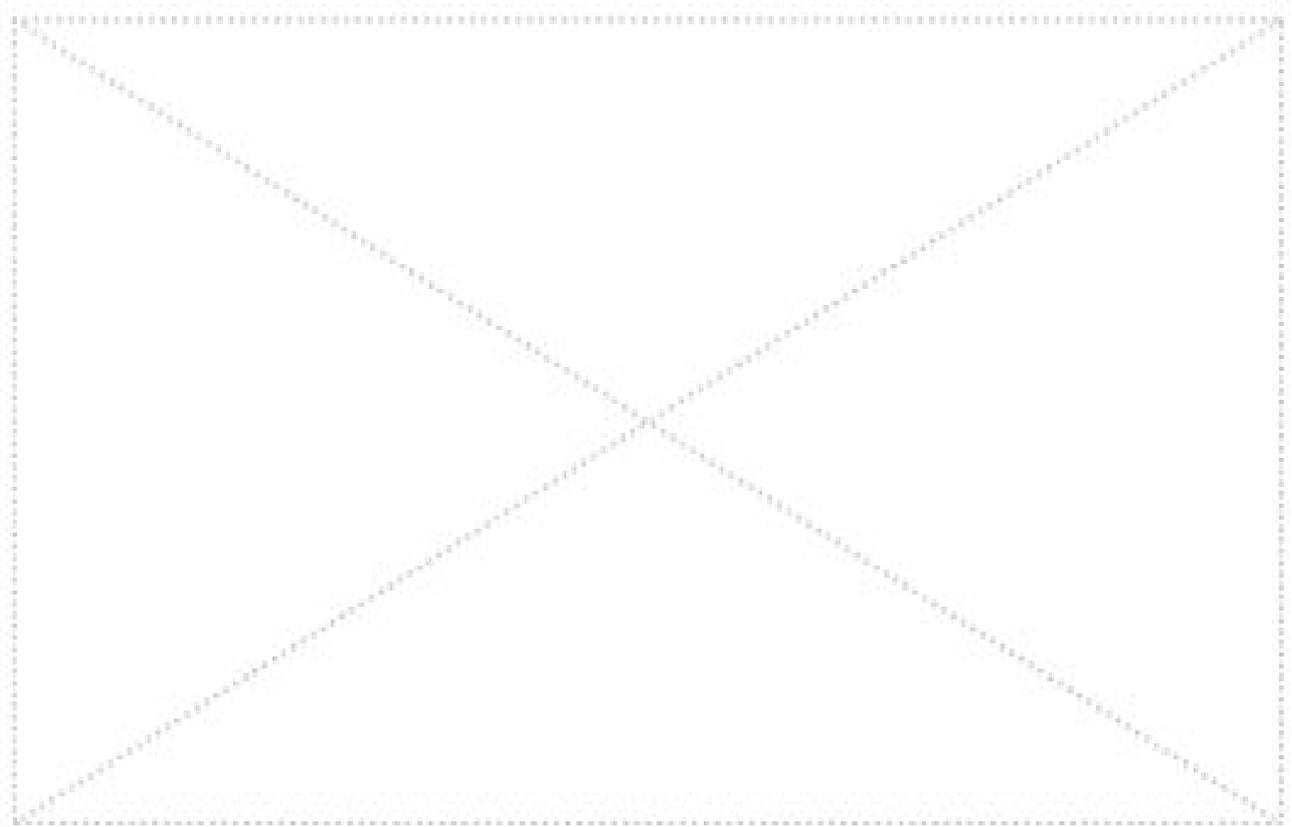


<그림 24> 다양한 부처의 신소재 인력양성사업 분석 및 공백분야 인력양성 사업 추진 방향

4장 신소재 과기인력 추진전략 및 운영방안

제 1 절 신소재 과기인력양성 추진 방향

□ 신소재 고급과기인력 양성사업 추진전략

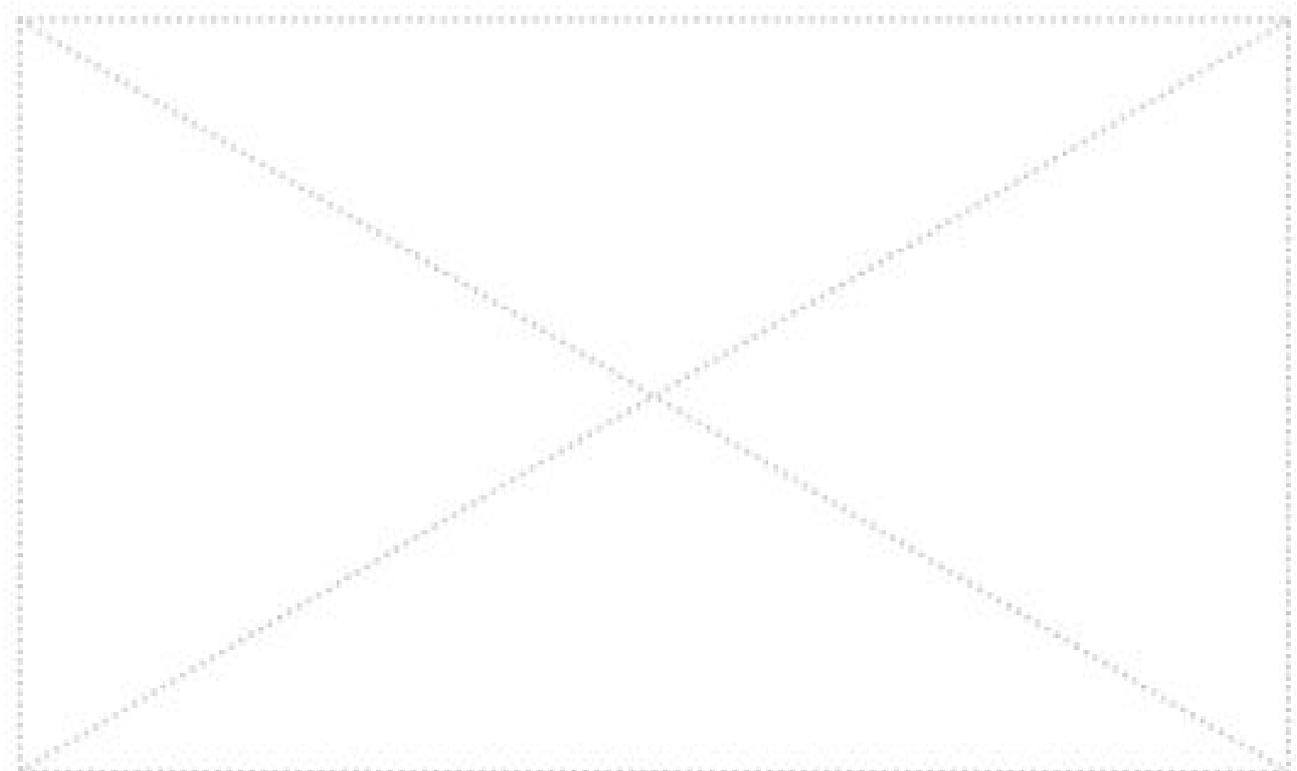


<그림 25> 신소재 고급 과기인력 양성요인, 현황진단, 추진방향

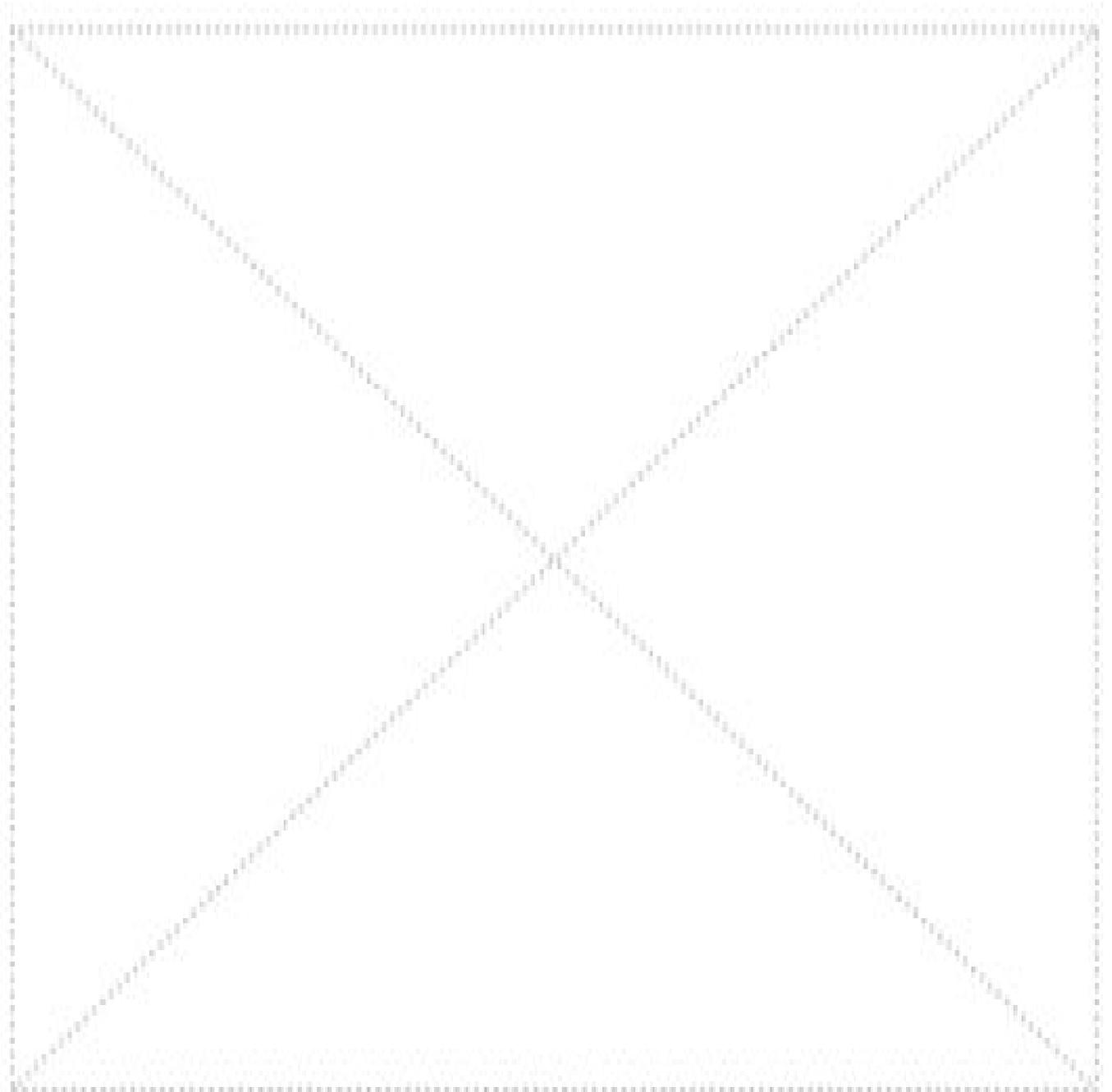
제 2 절 Data-driven 신소재 고급과학기술인력 양성사업 목표 및 추진전략

□ 목표 및 추진전략

- 목표: 국가 전략 기술에 기여 가능한 Data-driven 신소재 고급인력 확보
- 추진전략
 - Data-driven 신소재 고급인력 양성사업 신설 추진
 - 국가 소재연구데이터 센터와의 연계를 통한 데이터 활용 연구 문화 확산
 - 국가 전략 기술에 기여 가능한 수요 발굴 및 특화 프로그램을 통한 전문화
 - 국가 전략 기술 분야별 신소재 고급인력 양성센터 구축을 통한 국가 네트워크화, 양성인력 생태계 구축 및 선순환 구조 확보



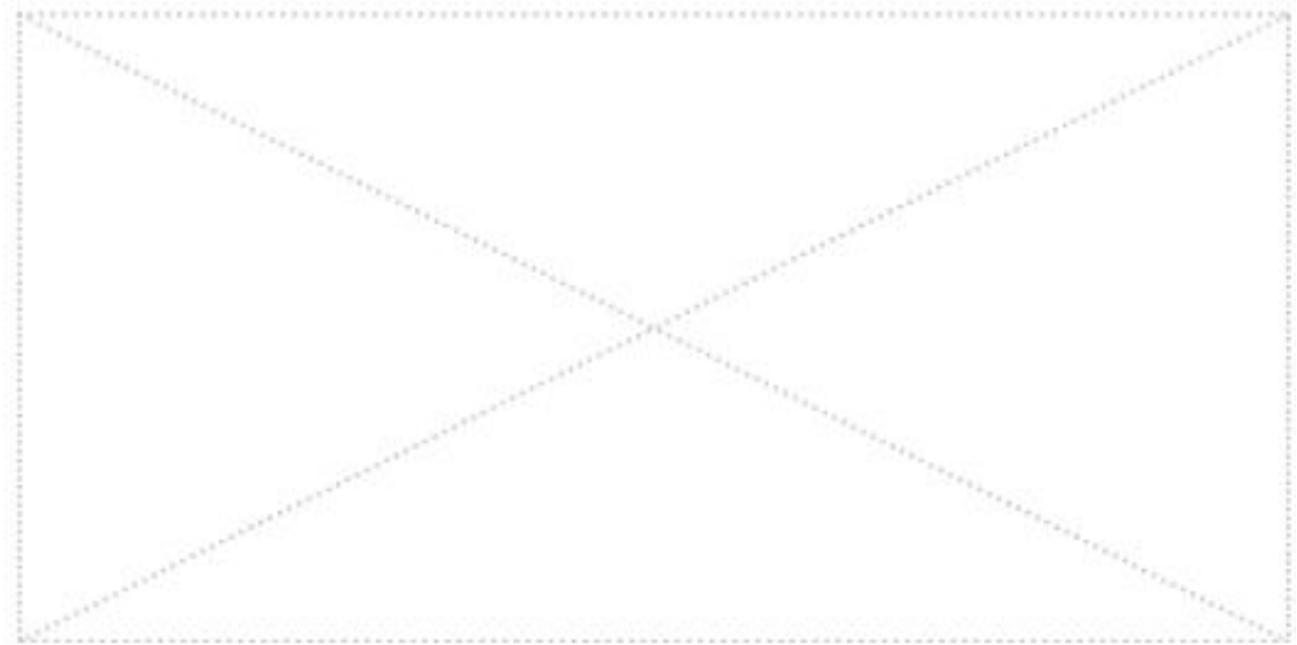
<그림 26> 신소재 고급 과기술인력 양성사업 목표 및 추진전략



<그림 27> 비전, 목표 및 4대 추진 과제

제 3 절 Data-driven 신소재 고급과기인력 양성사업 추진체계

□ 추진체계



<그림 28> 신소재 고급 과기인력 양성사업 추진체계

- 본 사업은 1개의 총괄 센터와 다수의 거점센터로 구성하여 추진할 계획임
- **총괄 센터**는 소재 데이터 전문가 및 Data-driven research 전문가의 자문을 받아 아래와 같은 역할을 수행할 예정임
 - **역할:** 신소재 전용 Data-driven research **이론** 교육 프로그램 개발 및 거점센터에 배포
 - (1) 소재 연구를 위한 DB 활용 교육 프로그램 개발
 - 해외/국내 open형 소재 빅데이터 활용 교육 (Materials Project, OQMD, OCP 등)
 - 1) Materials Project 데이터 형태 교육 및 API 실습
 - 2) OQMD 데이터 형태 교육 및 데이터 접속 Django 구조 활용 및 실습
 - 3) OCP 데이터 형태 교육 및 촉매소재 개발 실습
 - K-MDS 활용 교육
 - 1) K-MDS 플랫폼 개요 및 페이지 이용 방법 교육
 - 2) 소재-공정-구조-특성-성능별 데이터 형태
 - 3) 소재용 데이터 구조, 표준 어휘 교육
 - 4) 계산 데이터 generation, 이식, 관리, 활용 교육
 - 5) 실험 데이터 generation, 이식, 관리, 활용 교육
 - 6) DB interfacing
 - 평가 및 인증 시스템 개발

- (2) 소재 연구를 위한 최적화기법 (ML/AI/DOE) 교육프로그램 개발
 - ML/AI/DOE 기초 이론
 - 1) 기계학습 및 인공지능 기초이론 교육 (classification, regression, deep neural net, convolution neural net 등)
 - 2) DOE 기초 이론 교육 (다구찌 방법 및 다양한 최적화 방법 교육)
 - 3) AI-DOE 접목 교육 (능동학습 및 베이지안 최적화 교육 및 실습)
 - 소재 연구에서의 ML/AI/DOE case study
 - 1) 기계학습을 이용한 금속 소재 스크리닝 사례
 - 2) 인공지능을 이용한 태양전지 소재 개발 사례
 - 3) 최적화 방법을 이용한 촉매 소재 개발 사례
 - 소재 연구에서의 DOE/ML/AI case study
 - Software 활용 교육
 - 평가 및 인증 시스템 개발

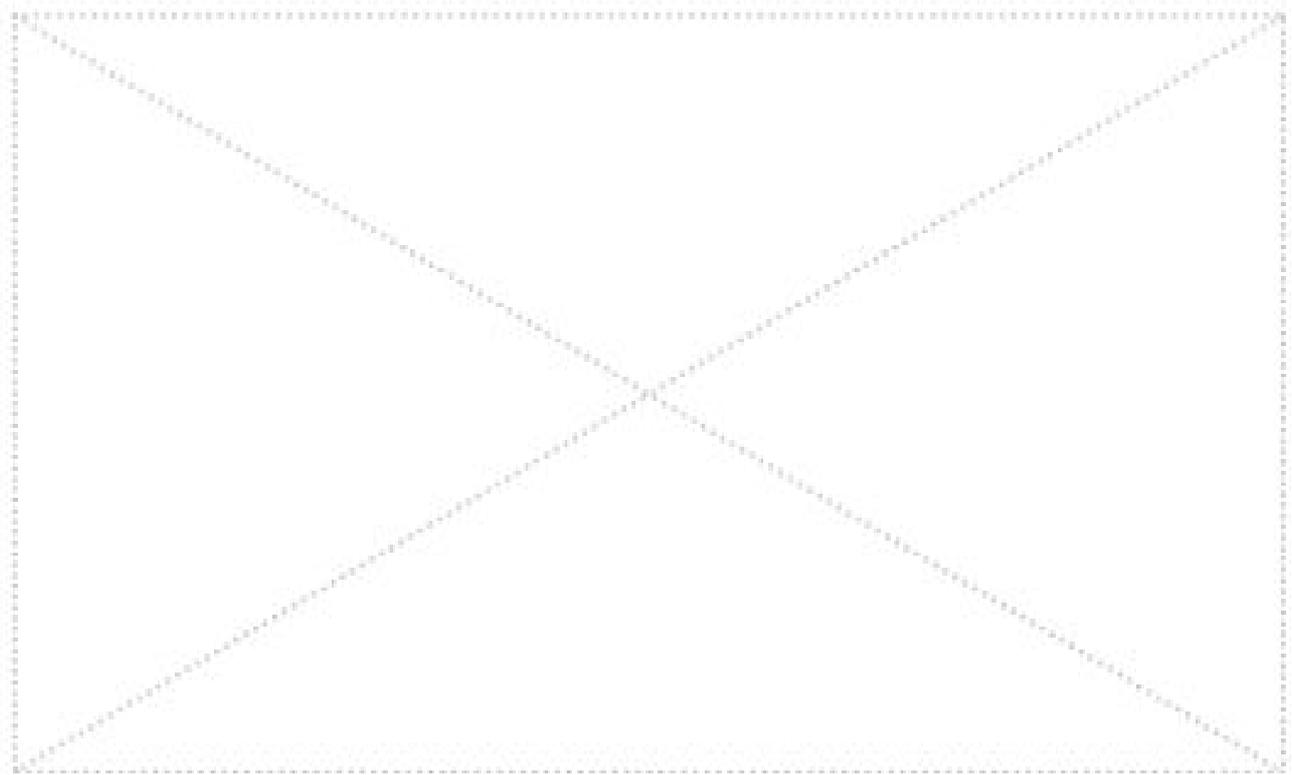
○ **거점 센터**는 12대 전략분야 중 i) 신소재 고급과기인력의 수급 불균형이 심하거나, ii) Data-driven research 도입을 통한 새로운 소재 개발이 시급하게 요구되고 있는 산업 분야를 중심으로 선정하여 아래와 같은 역할을 수행할 예정이다

■ **역할:** 전략 분야별 Data-driven 신소재 고급과기인력 양성

- (1) 전략 분야별 컨소시엄 구성
 - 거점 센터는 출연(연)이 주관이 되어 다수의 대학과 컨소시엄 구성
 - 전략 분야의 산·학·연 자문위원회 구성을 통한 의견 반영
- (2) 거점 센터 홍보 및 참여학생 선발 및 지원
 - 연간 석사 10명, 박사 10명 규모 선발 및 지원
 - 참여학생모집을 위한 학부생 대상 사업설명회, 상담회진행 예정 (3월, 9월)
 - 홈페이지, 인스타그램, 유튜브를 통한 사업 홍보
 - 학부 인턴제도, 연구실 Open Lab 등을 통해 학부생의 관심 유발
- (3) 전략 분야별 Data-driven 신소재 고급과기인력 양성 프로그램 구축 및 운영
 - 전략 분야별 기초/심화 교과과정 구성
 - : 참여 대학 개설 강의 활용, 고경력/은퇴 과학자 활용
 - 전략 분야별 연구 역량 프로그램 개발 및 운영
 - 1) 필수 프로그램: 총괄 제공의 Data-driven research 이론 교육 프로그램
 - 2) 전략 분야별 연구 역량 프로그램 개발 (Summer/winter school)
 - 전략 분야별 Data-driven research 실습 프로그램
 - 전략 분야별 필수 및 선택 연구 역량 프로그램 개발
 - 전략 분야별 소규모 Data-driven research project 발굴 및 운영
 - 1) 전략 분야별 산업계, 학술계 핵심 R&D 이슈 발굴
 - 2) Data-driven research project를 위한 팀 구성 (센터 연구팀, 참여 교수 및 학생들)
 - 3) 성과 공유

(4) 전략 분야별 Data-driven 연구 문화 확산

- Data-driven 연구 문화 확산을 위한 워크숍 개최
- 전략 분야별 소재 과학기술인 네트워크 구축
- 개방성/역동성 있는 인재 생태계 구축
- 초·중·고 학생 및 일반인 대상 소재연구 홍보 행사 개최 등



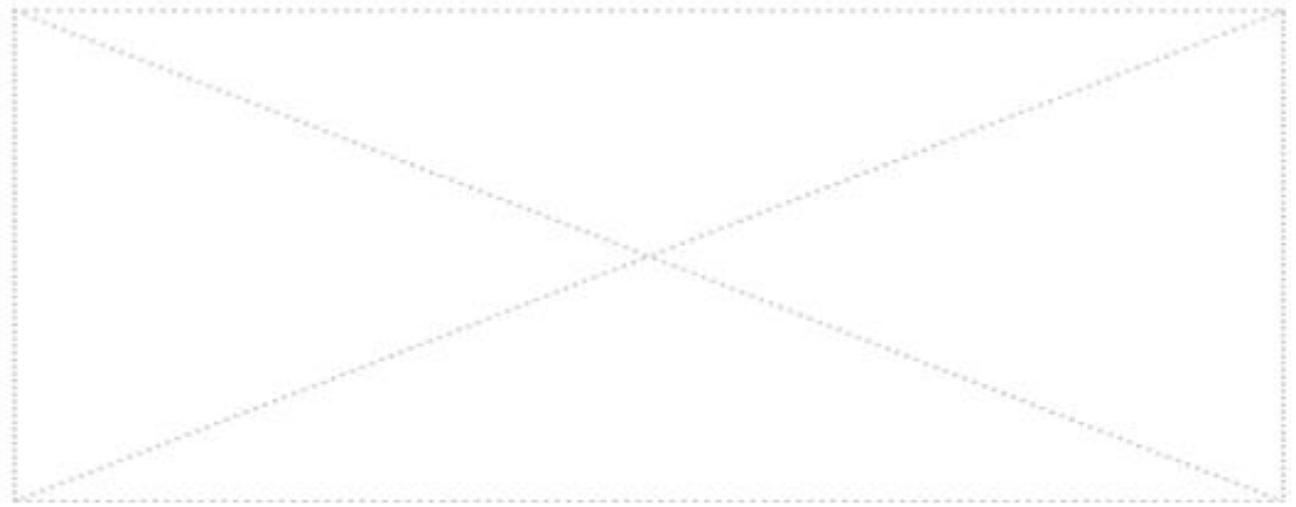
제 4 절 4대 추진 과제

□ 국가전략기술에 기여 가능한 전문 역량 제고

○ 산·학·연 전문가 의견 수렴

- 12대 전략분야별 Data-driven 소재 연구 및 인력양성 시급 분야 도출

○ 12대 전략분야별 Data-driven 소재 개발 수요 분야 도출



○ Data-driven 신소재 인력양성 4대 거점 센터 도출



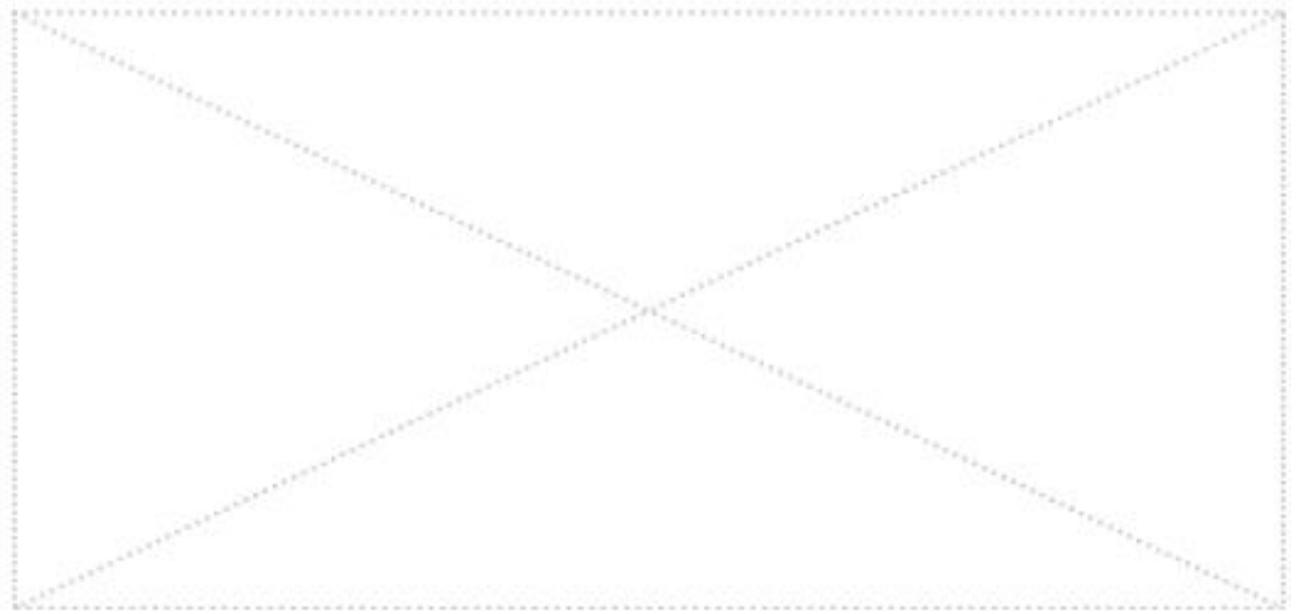
* ●: 중요도/시급도 10점

○: 중요도/시급도 5점

** 소재 기술 중요도 판단 근거: 12대분야 전체 산업 R&D에서 신소재 R&D 비중
전문가 패널 조사

*** 인력양성 시급도 판단 근거: 12대분야 신소재 고급과기인력 양성현황 통계조사
12대분야 신소재 고급과기인력 수요현황 설문조사

○ 시범사업 선정 근거



- 미래 시장 성장속도와 소재 패러다임 전환이 빠른 Data-driven research 필수 도입 전략 분야(①차세대 원자력, ②첨단 모빌리티)와 소재인력 수급부족이 심한 전략 분야(③우주·항공, ④수소 등)의 거점센터를 선발 운영

□ 신소재 고급 인력용 Data 교육 프로그램 체계화

○ 신소재 특화 Data 교육 프로그램 개발

- 신소재 분야 Data 전문가 집단을 활용한 신소재 특화 Data 교육 프로그램 개발

○ 파편화된 신소재 Data 교육 프로그램

- 3~4일 단기 일정의 Data science 일반론 강의, 1인 강사의 대형 강의

< 사례 : 대한금속재료학회 인공지능 하계/동계 단기 강좌 >

일정	내용		강사
8/29 (1일차)	10:00~12:00	- 기계학습 기초이론 소개 (정규화, MLE, MAP, Bayesian approach 등) - 16개 기계학습 알고리즘 소개	손기선 교수 (세종대학교)
	12:00~13:00	점심	
	13:00~17:00	- 최적화 기초이론(Active Learning 소개) - 메타휴리스틱스와 베이지안 최적화 소개 - 강화학습과 최적화 - 실례를 통한 기계학습 및 최적화 알고리즘 시현	손기선 교수 (세종대학교)
8/30 (2일차)	10:00~12:00	- 딥러닝의 원리 및 활용	윤세영 교수 (KAIST)
	12:00~13:00	점심	
	13:00~17:00	- CNN의 원리 및 활용 - RNN/LSTM의 원리 및 활용 - Attention의 원리 및 활용 - GNN의 원리 및 활용	윤세영 교수 (KAIST)
8/31 (3일차)	10:00~11:30	- 딥러닝을 이용한 표면 영상 분석	윤종필 박사 (한국생산기술연구원)
	11:30~12:30	점심	
	12:30~14:00	- 인공지능을 활용한 소재 및 소자 설계	이인호 박사 (한국표준과학연구원)
	14:00~15:30	- Active Learning for Materials Design	조기섭 교수 (국민대학교)
	15:40~17:00	- 고신뢰성 연구데이터 수집을 위한 인공지능 기반 데이터 분석 플랫폼 개발	김세종 박사 (한국재료연구원)

- (개선) 신소재 분야 Data 전문가 집단을 활용한 신소재 특화 1학기 교육 커리큘럼 개발, 20명 이하 수강인원의 On-site 실습 교육, 학습자 평가 및 인증 시스템 도입

< Data-driven research 교육 커리큘럼(안) >

○ Database 구축·활용 교육 프로그램

(1) 데이터 구축 교육

- 소재 데이터베이스 및 소재정보학에 대한 기초 교육
- 소재 데이터베이스 형태 및 입력·수정 방법 교육
- 클러스터 기반의 데이터 구축 방법 교육
- 웹페이지 기반의 데이터 구축 방법 교육

(2) 해외/국내 Open형 소재 빅데이터 활용 교육

- Materials Project DB 교육
 - Materials Project DB 개요 및 특징 교육
 - DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 교육 (각 소재의 정보 및 phase diagram 예시)
 - Materials Project DB 접속 방법 및 API 교육 (Pymatgen 이용 실습)
 - DB를 활용한 다양한 소재 개발 사례 연사초청 세미나 교육 (에너지 소재 위주)
- OQMD DB 교육
 - OQMD DB 개요 및 특징 교육
 - DB의 구성요소 및 리눅스 시스템 설치 교육
 - DB의 특성을 연결짓는 Django 데이터 형태 교육
 - DB를 활용한 다양한 소재 개발 사례 연사초청 세미나 교육 (금속 소재 위주)
- OCP DB 교육
 - OCP DB 개요 및 특징 교육
 - DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 교육 (각 소재의 정보 및 흡착에너지 예시)
 - DB 접속 방법 및 API 교육
 - DB를 활용한 촉매 소재 개발 사례 연사초청 세미나 교육
- KDMS DB 교육
 - KDMS DB 개요 및 특징 교육
 - KMDS 플랫폼 페이지 이용방법 교육
 - 소재연구데이터 플랫폼 사업의 이해
 - 소재어휘 구조 및 특징 교육
 - 계산데이터 생성, 이식, 관리 활용 교육
 - 실험데이터 생성, 이식, 관리 활용 교육
 - 데이터 업로드/다운로드 및 활용방법 교육
 - DB 인터페이싱 방법 교육

○ Data-driven research 교육 프로그램

(1) ML/AI 기법의 이해

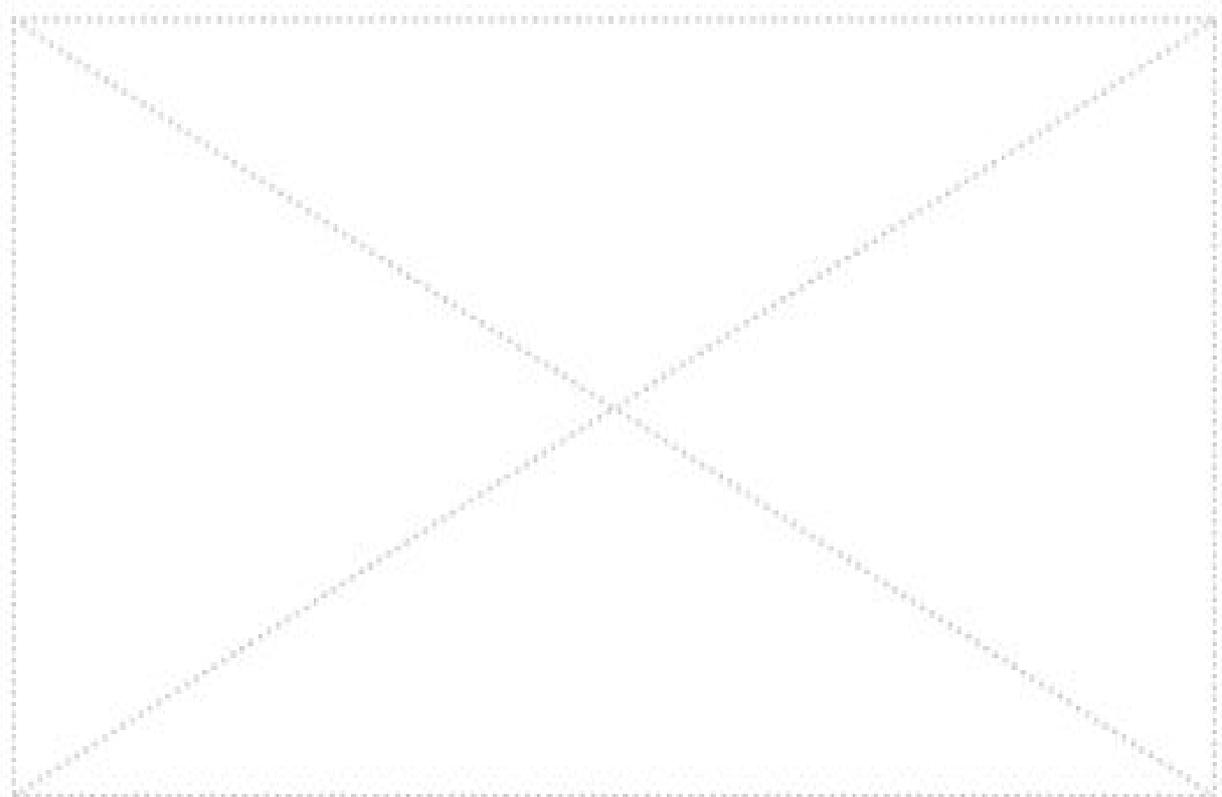
- Linear regression의 이해 및 실습
- 데이터 품질에 대한 교육
- Binary classification의 이해 및 실습
- Multinomial classification의 이해 및 실습
- Perceptron 개념의 이해
- Neural network 및 deep neural network 개념의 이해 및 실습
- Convolutional neural network 개념의 이해 및 실습 (MNIST 데이터베이스 및 CIFAR 데이터베이스 이용)
- Graph neural network 개념의 이해 및 실습 (CGCNN 데이터베이스 이용)
- 유전자 알고리즘 개념의 이해 및 실습

(2) ML/AI/DOE 기법을 이용한 Data-driven research 교육

- DOE 기초 이론 교육
 - 다구찌 실험계획법의 이해 및 실습
 - 능동학습의 개념 이해 및 실습
 - 베예지안 최적화 개념 이해 및 실습
- Data-driven research 실습 및 사례 교육
 - Materials Project DB를 활용한 소재 스크리닝 및 탐색 교육
 - Materials Project DB를 활용한 에너지소재 개발 연사 강연
 - OQMD DB를 활용한 소재 스크리닝 및 탐색 교육
 - OQMD DB를 활용한 금속소재 개발 연사 강연
 - OCP DB를 활용한 촉매소재 스크리닝 및 탐색 교육
 - OCP DB를 활용한 촉매소재 개발 연사 강연
 - AI-DOE 접목 및 활용 교육
 - DOE 기반 소재 설계 연사 강연
 - 능동학습 기반 에너지 소재 설계 연사 강연
 - 베예지안 최적화 기반 금속 소재 설계 연사 강연

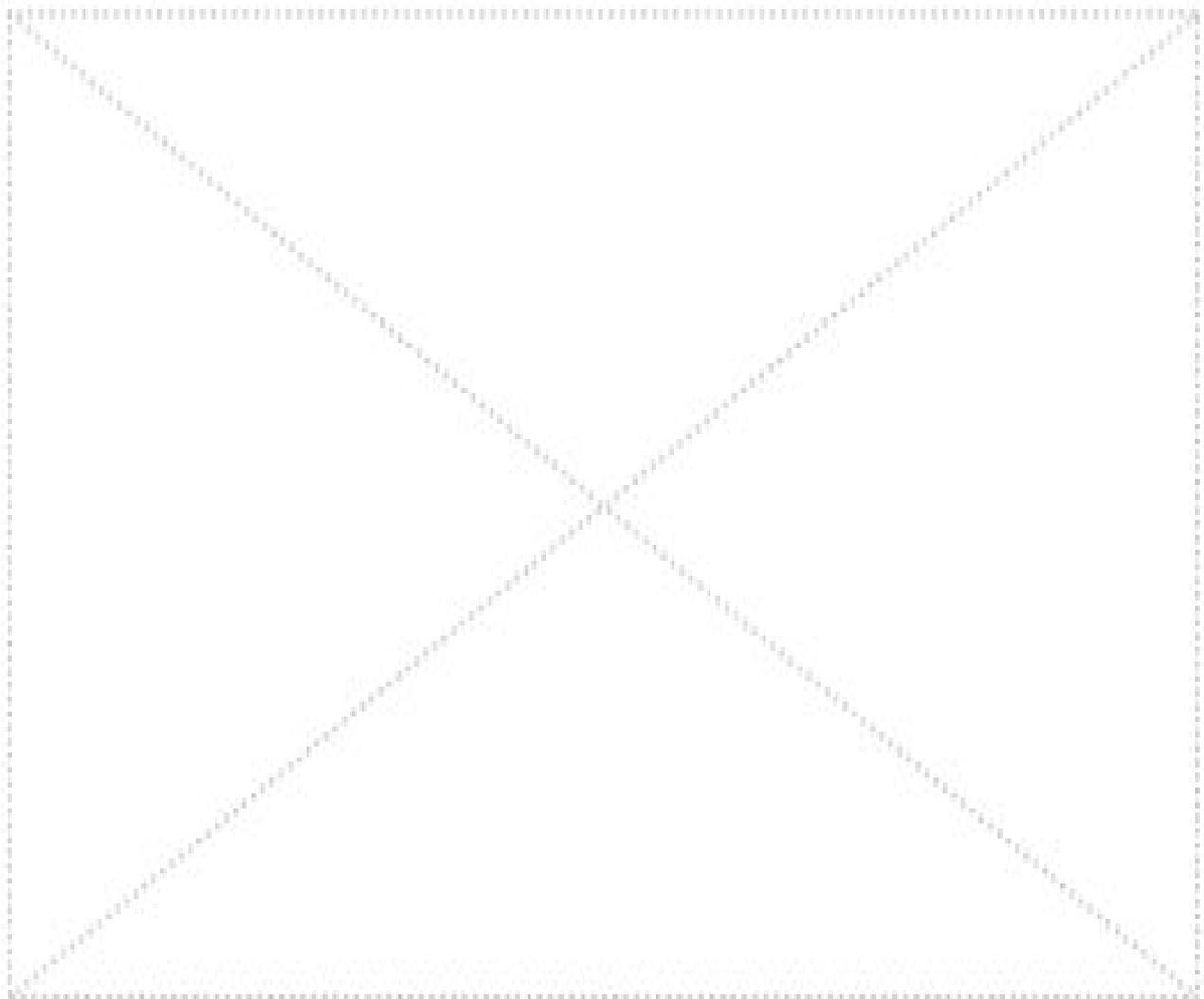
□ 거점센터 중심의 Data 적용·활용 실습전략

- 분야별 실제 소재 개발 R&D에 Data-driven research 적용·활용 실습
- 전략 분야별 소규모 Data-driven research project 발굴 및 운영
 - 1) 주제 발굴 : 전략 분야별 산업계, 학술계 핵심 R&D 이슈
 - 2) 팀 구성 : 거점 센터 연구진, 참여 교수 및 학생들
 - 3) 기간 및 예산 : 1년, 1억
 - 4) 성과 공유 워크숍 개최 및 특허·논문 장려
- 모든 학생은 Data-driven research 기반 학위 논문 작성



□ 거점센터 중심의 Data 적용·활용 실습

○ 전략분야별 실제 소재 개발 R&D에 Data-driven research 적용·활용 실습

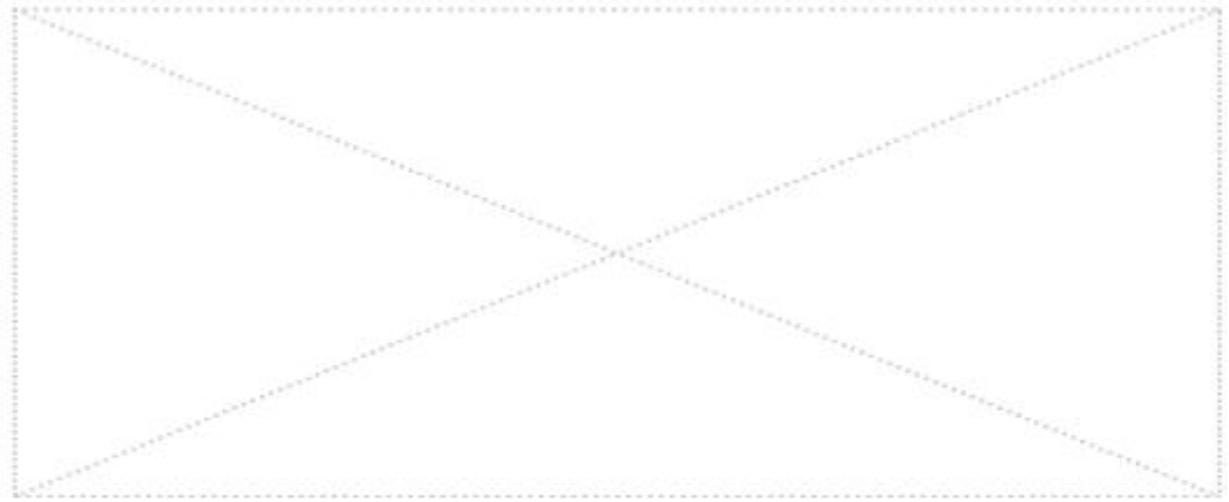


○ (거점센터 중심의 네트워크) 출연(연)이 주관이 되어 다수의 대학과 컨소시엄을 이룬 거점 센터 수립, 대학 칸막이 해체, 분야별 산·학·연 소재 연구진 네트워크화

○ (국가 소재 데이터 사업과의 연계) 국가 소재 연구데이터 플랫폼 및 데이터·AI 활용 3대 서비스(소재 탐색·설계, 공정 개발, 측정·분석) 데이터 및 시스템 활용, 데이터 이식을 통한 국가 소재 데이터 사업의 활용도 제고

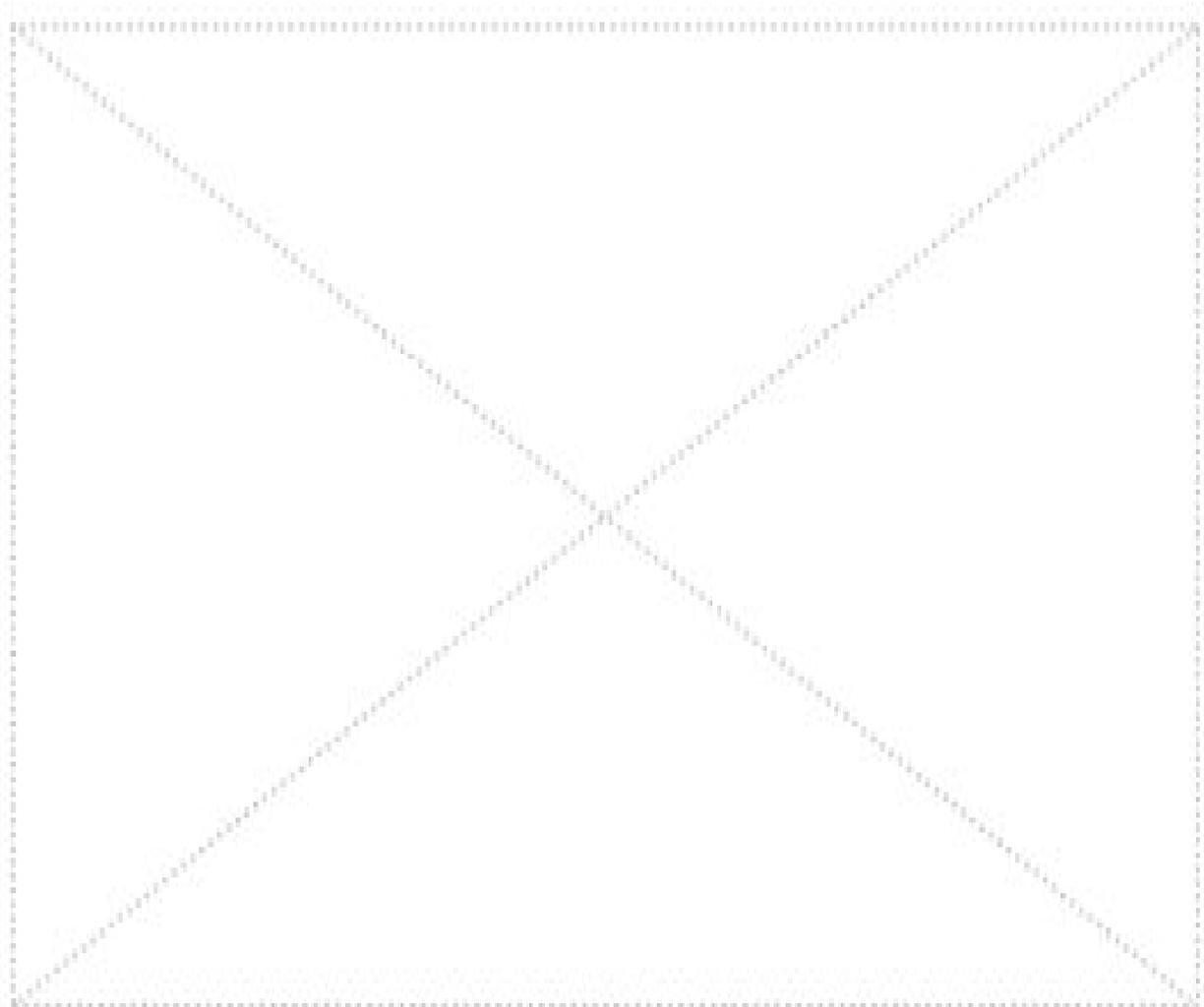
□ 양성 인력 생태계 선순환 구조 확보

- 참여 기업의 우수인력 채용 가산점, 인력양성 투자를 통한 인재 양성 선순환 구조 확보
- 멘토-멘티 제도를 통한 디지털 연구 문화 확산



제 5 절 Data-driven 신소재 고급과기인력 양성사업 세부 운영방안

- 총괄센터 운영 방안
- 기존 사업과의 연계 방안



- (거점센터 중심의 네트워크) 출연(연)이 주관이 되어 다수의 대학과 컨소시엄을 이룬 거점 센터 수립, 대학 칸막이 해체, 분야별 산·학·연 소재 연구진 네트워크화
- (국가 소재 데이터 사업과의 연계) 국가 소재 연구데이터 플랫폼 및 데이터·AI 활용 3대 서비스 (소재 탐색·설계, 공정 개발, 측정·분석) 데이터 및 시스템 활용, 데이터 이식을 통한 국가 소재 데이터 사업의 활용도 제고

□ DB 구축/활용 교육 프로그램

○ (신소재 특화 Data 교육 프로그램 개발) 신소재 분야 Data 전문가 집단을 활용한 신소재 특화 Data 교육 프로그램 개발

○ (기존) 파편화된 신소재 Data 교육 프로그램

- 3~4일 단기 일정의 Data science 일반론 강의, 1인 강사의 대형 강의

< 사례 : 대한금속재료학회 인공지능 하계/동계 단기 강좌 >

일정	내용		강사
8/29 (1일차)	10:00~12:00	- 기계학습 기초이론 소개 (정규화, MLE, MAP, Bayesian approach 등) - 16개 기계학습 알고리즘 소개	손기선 교수 (세종대학교)
	12:00~13:00	점심	
	13:00~17:00	- 최적화 기초이론(Active Learning 소개) - 메타휴리스틱스와 베이지안 최적화 소개 - 강화학습과 최적화 - 실례를 통한 기계학습 및 최적화 알고리즘 시현	손기선 교수 (세종대학교)
8/30 (2일차)	10:00~12:00	- 딥러닝의 원리 및 활용	윤세영 교수 (KAIST)
	12:00~13:00	점심	
	13:00~17:00	- CNN의 원리 및 활용 - RNN/LSTM의 원리 및 활용 - Attention의 원리 및 활용 - GNN의 원리 및 활용	윤세영 교수 (KAIST)
8/31 (3일차)	10:00~11:30	- 딥러닝을 이용한 표면 영상 분석	윤종필 박사 (한국생산기술연구원)
	11:30~12:30	점심	
	12:30~14:00	- 인공지능을 활용한 소재 및 소자 설계	이인호 박사 (한국표준과학연구원)
	14:00~15:30	- Active Learning for Materials Design	조기섭 교수 (국민대학교)
	15:40~17:00	- 고신뢰성 연구데이터 수집을 위한 인공지능 기반 데이터 분석 플랫폼 개발	김세종 박사 (한국재료연구원)

- (개선) 신소재 분야 Data 전문가 집단을 활용한 신소재 특화 1학기 교육 커리큘럼 개발, 20명 이하 수강인원의 On-site 실습 교육, 학습자 평가 및 인증 시스템 도입

< Data-driven research 교육 커리큘럼(안) >

○ Database 구축·활용 교육 프로그램

(1) 데이터 구축 교육

- 소재 데이터베이스 및 소재정보학에 대한 기초 교육
- 소재 데이터베이스 형태 및 입력·수정 방법 교육
- 클러스터 기반의 데이터 구축 방법 교육
- 웹페이지 기반의 데이터 구축 방법 교육

(2) 해외/국내 Open형 소재 빅데이터 활용 교육

- Materials Project DB 교육
 - Materials Project DB 개요 및 특징 교육
 - DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 교육 (각 소재의 정보 및 phase diagram 예시)
 - Materials Project DB 접속 방법 및 API 교육 (Pymatgen 이용 실습)
 - DB를 활용한 다양한 소재 개발 사례 연사초청 세미나 교육 (에너지 소재 위주)
- OQMD DB 교육
 - OQMD DB 개요 및 특징 교육
 - DB의 구성요소 및 리눅스 시스템 설치 교육
 - DB의 특성을 연결짓는 Django 데이터 형태 교육
 - DB를 활용한 다양한 소재 개발 사례 연사초청 세미나 교육 (금속 소재 위주)
- OCP DB 교육
 - OCP DB 개요 및 특징 교육
 - DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 교육 (각 소재의 정보 및 흡착에너지 예시)
 - DB 접속 방법 및 API 교육
 - DB를 활용한 촉매 소재 개발 사례 연사초청 세미나 교육
- KDMS DB 교육
 - KDMS DB 개요 및 특징 교육
 - KMDS 플랫폼 페이지 이용방법 교육
 - 소재연구데이터 플랫폼 사업의 이해
 - 소재어휘 구조 및 특징 교육
 - 계산데이터 생성, 이식, 관리 활용 교육
 - 실험데이터 생성, 이식, 관리 활용 교육
 - 데이터 업로드/다운로드 및 활용방법 교육
 - DB 인터페이싱 방법 교육

○ Data-driven research 교육 프로그램

(1) ML/AI 기법의 이해

- Linear regression의 이해 및 실습
- 데이터 품질에 대한 교육
- Binary classification의 이해 및 실습
- Multinomial classification의 이해 및 실습
- Perceptron 개념의 이해
- Neural network 및 deep neural network 개념의 이해 및 실습
- Convolutional neural network 개념의 이해 및 실습 (MNIST 데이터베이스 및 CIFAR 데이터베이스 이용)
- Graph neural network 개념의 이해 및 실습 (CGCNN 데이터베이스 이용)
- 유전자 알고리즘 개념의 이해 및 실습

(2) ML/AI/DOE 기법을 이용한 Data-driven research 교육

- DOE 기초 이론 교육
 - 다구찌 실험계획법의 이해 및 실습
 - 능동학습의 개념 이해 및 실습
 - 베이지안 최적화 개념 이해 및 실습
- Data-driven research 실습 및 사례 교육
 - Materials Project DB를 활용한 소재 스크리닝 및 탐색 교육
 - Materials Project DB를 활용한 에너지소재 개발 연사 강연
 - OQMD DB를 활용한 소재 스크리닝 및 탐색 교육
 - OQMD DB를 활용한 금속소재 개발 연사 강연
 - OCP DB를 활용한 촉매소재 스크리닝 및 탐색 교육
 - OCP DB를 활용한 촉매소재 개발 연사 강연
 - AI-DOE 접목 및 활용 교육
 - DOE 기반 소재 설계 연사 강연
 - 능동학습 기반 에너지 소재 설계 연사 강연
 - 베이지안 최적화 기반 금속 소재 설계 연사 강연

○ 총괄과제 선정 절차



○ 총괄과제 평가 기준

평가항목	배점기준	배점
사업 수행 능력	사업참여 교수진의 전문성 및 우수성	20
	사업 참여 교수진 구성의 합리성	10
교육프로그램 계획의 합리성	교육 프로그램의 우수성	40
	교육프로그램 운영 계획의 적절성	20
	사업단 운영/관리 계획의 적절성	10

○ 총괄과제 세부 운영 방안

1) Database 구축/활용 교육 프로그램 개발

- 6개월 (60차시), Online 강좌 (open형) + 1주, summer/winter school 실습 (참여학생 대상: 20명 정원)

	내용	형태	차시
데이터 구축 교육	소재 데이터베이스 및 소재정보학기초 교육	Online	3
	소재 데이터베이스 형태 및 입력/수정 방법 교육		2
	클러스터 기반의 데이터 구축 방법 교육		2
	웹페이지기반의 데이터 구축 방법 교육		2
KMDS 활용 교육	KDMS DB 개요 및 특징 교육	Online	3
	KMDS 플랫폼 페이지 이용방법 교육		2
	소재연구데이터 플랫폼 사업의 이해		2
	소재어휘 구조 및 특징 교육		2
	계산데이터 생성, 이식, 관리 활용 교육		2
	실험데이터 생성, 이식, 관리 활용 교육		2
	데이터 업로드/다운로드 및 활용방법 교육		2
DB 인터페이싱방법 교육	3		
기타 open형 소재 빅데이터 활용 교육	Materials Project (MP) DB 개요 및 특징 교육	Online	2
	MP, DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 교육 (각 소재의 정보 및 phase diagram 예시)		3
	MP,DB 접속 방법 및 API 교육		3
	DB를 활용한 다양한 소재 개발 사례 (에너지 소재 중심)		3
	OQMddb 개요 및 특징 교육		2
	OQMD, DB의 구성요소 및 리눅스시스템 설치 교육		3
	OQMD, DB의 특성을 연결짓는Django데이터 형태		3
	DB를 활용한 다양한 소재 개발 사례 (금속 소재 중심)		3
	OCP DB 개요 및 특징 교육		2
	OCP, DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 교육 (각 소재의 정보 및 흡착에너지 예시)		3
	OCP,DB 접속 방법 및 API 교육		3
DB를 활용한 다양한 소재 개발 사례 (촉매 소재 중심)	3		

- 6개월 (60차시), Online 강좌 (open형) + 1주, summer/winter school 실습 (참여학생 대상: 20명 정원)

	내용	형태	차시
KMDS 활용 교육 (1일차)	KDMS DB 개요	On-site 실습	1
	소재어휘 구조 및 특징 교육		1
	계산데이터 생성, 이식, 관리 활용 실습		2
	실험데이터 생성, 이식, 관리 활용 실습		2
	데이터 업로드/다운로드 및 활용실습		2
	DB 인터페이싱실습		2
Materials Project (MP) 활용 교육 (2일차)	Materials Project (MP) DB 개요	On-site 실습	1
	MP, DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 실습 (각 소재의 정보 및 phase diagram 예시)		3
	MP,DB 접속 방법 및 API 실습		2
OQMD 활용 교육 (3일차)	OQMddb 개요	On-site 실습	1
	OQMD, DB의 구성요소 및 리눅스시스템 설치 실습		3
	OQMD, DB의 특성을 연결짓는Django데이터 형태 교육 및 연계 실습		2
OCP 활용 교육 (4일차)	OCP DB 개요	On-site 실습	1
	OCP, DB의 구성요소 및 웹 플랫폼 사용 실습 (각 소재의 정보 및 흡착에너지 예시)		3
	OCP,DB 접속 방법 및 API 실습		2
5일차	평가 및 교육 수료증 발급		

2) Data-driven research 교육 프로그램

- 6개월 (60차시), Online 강좌 (open형) + 1주, summer/winter school 실습 (참여학생 대상: 20명 정원)

	내용	형태	차시
ML/AI 기법의 이해	데이터 품질에 대한 교육	Online	3
	Linear regression의 이해		3
	Binary classification의 이해		3
	Multinomial classification의 이해		3
	Perceptron 개념의 이해		3
	Neural network 및 deep neural network 개념의 이해		3
	Convolutional neural network 개념의 이해		3
	Graph neural network 개념의 이해		3
	유전자 알고리즘 개념의 이해		3
ML/AI/DOE 기법을 이용한 data-driven research	다구치실험계획법의 이해	Online	3
	DOE 기반 소재 설계 사례		3
	능동학습법의 이해		3
	능동학습 기반 에너지 소재 설계 사례		3
	베이지안최적화 개념 이해		3
	베이지안최적화 기반 금속 소재 설계 사례		3
	MP DB를 활용한 소재 스크리닝및 탐색 교육		3
	MP DB를 활용한 에너지소재 개발 사례		3
	OQMD DB를 활용한 소재 스크리닝및 탐색 교육		3
	OQMD DB를 활용한 에너지소재 개발 사례		3
	OCP DB를 활용한 소재 스크리닝및 탐색 교육		3
	OCP DB를 활용한 에너지소재 개발 사례		3
	AI-DOE 접목 및 활용 교육		3

- 6개월 (60차시), Online 강좌 (open형) + 1주, summer/winter school 실습 (참여학생 대상: 20명 정원)

	내용	형태	차시
ML/AI 실습 (1일차)	기본 코딩 교육	On-site 실습	3
	Linear regression실습		2
	Binary classification실습		2
	Multinomial classification실습		2
ML/AI 실습 (2일차)	Neural network 및 deep neural network 실습	On-site 실습	2
	Convolutional neural network 실습		2
	Graph neural network 실습		2
	유전자 알고리즘 실습		2
ML/AI/DOE 기법을 이용한 data-driven research 실습 (3일차)	다구치실험계획법소재 연구 적용 실습	On-site 실습	3
	능동학습법 소재 연구 적용 실습		3
	베이지안최적화 소재 연구 적용 실습		3
ML/AI/DOE 기법을 이용한 data-driven research 실습 (4일차)	MP DB를 활용한 소재 스크리닝실습	On-site 실습	3
	OQMD DB를 활용한 소재 스크리닝실습		3
	OCP DB를 활용한 소재 스크리닝실습		3
5일차	평가 및 교육 수료증 발급		

○ 총괄 과제 예산 통합

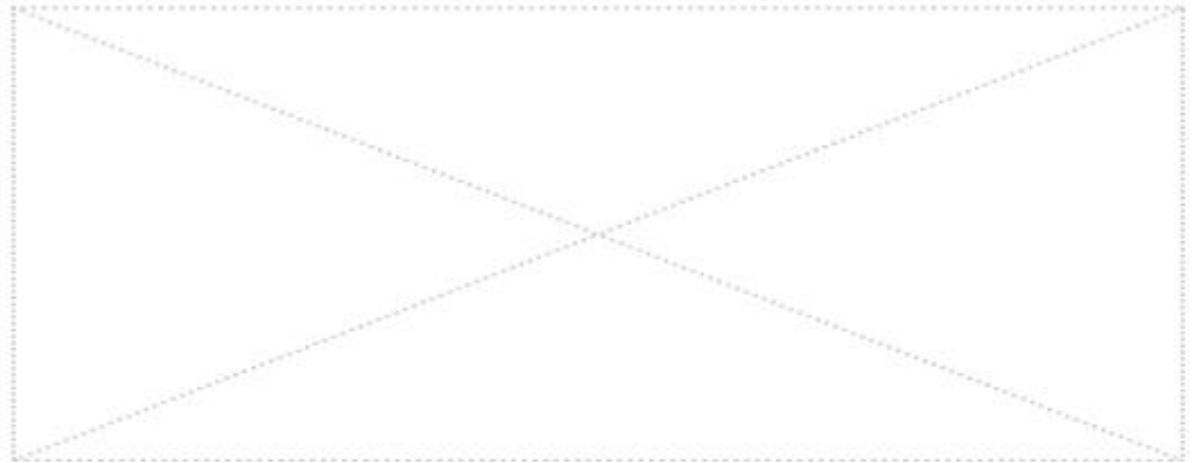
구분	항목	예산 (백만원)									총액
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
총괄 및 세부1 (총괄센터)	교육 프로그램 개발비	263					110				373
	온라인 교육용 웹페이지 구축비	27					10				37
	온라인 교육 프로그램 운영비		24	24	24	24	24	24	24	24	192
	실습 교육 프로그램 운영비		93	186	186	186	186	186	186	93	1,302
	총괄 사업단 운영비	40	80	80	80	80	80	80	80	80	680
	소계	330	197	290	290	290	410	290	290	197	2,584
세부2 (거점센터1)	학생 지원	-	276	552	732	912	912	732	552	276	4,944
	연구역량 프로그램 운영비	45	40	40	40	40	40	40	40	40	365
	Data-driven project 운영비	-	400	400	400	400	400	400	400	400	3,200
	거점센터 운영비	40	80	80	80	80	80	80	80	80	680
	소계	85	796	1,072	1,252	1,432	1,432	1,252	1,072	796	9,189
세부3 (거점센터2)	학생 지원	-	276	552	732	912	912	732	552	276	4,944
	연구역량 프로그램 운영비	45	40	40	40	40	40	40	40	40	365
	Data-driven project 운영비	-	400	400	400	400	400	400	400	400	3,200
	거점센터 운영비	40	80	80	80	80	80	80	80	80	680
	소계	85	796	1,072	1,252	1,432	1,432	1,252	1,072	796	9,189
세부4 (거점센터3)	학생 지원		-	276	552	732	912	912	870	690	4,944
	연구역량 프로그램 운영비		45	40	40	40	40	40	60	60	365
	Data-driven project 운영비		-	400	400	400	400	400	600	600	3,200
	거점센터 운영비		40	80	80	80	80	80	80	80	680
	소계		85	796	1,072	1,252	1,432	1,432	1,610	1,430	9,189
세부5 (거점센터4)	학생 지원		-	276	552	732	912	912	870	690	4,944
	연구역량 프로그램 운영비		45	40	40	40	40	40	60	60	365
	Data-driven project 운영비		-	400	400	400	400	400	600	600	3,200
	거점센터 운영비		40	80	80	80	80	80	80	80	680
	소계		85	796	1,072	1,252	1,432	1,432	1,610	1,430	9,189
총액	500	1,950	4,026	4,938	5,658	6,138	5,658	5,654	4,649	39,340	

○ 총괄 및 1세부 예산

Task	항목	세부내역	예산 (백만원)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
DB 구축/활용 이론교육 프로그램 개발	교재 개발, 교육 프로그램 녹화를 위한 전문가 활용비	60차시*1/차시+ 녹화용 동영상수 업 개발비= 100	100						30			
ML/AI 이론교육 프로그램 개발		60차시*1/차시+ 녹화용 동영상수 업 개발비= 100	100						30			
DB 구축/활용 실습교육 프로그램 개발	교재 개발, 교육 프로그램 개발을 위한 전문가 활용비	28차시*0.5/차시 = 14	28						25			
ML/AI 실습교육 프로그램 개발		35차시*0.5/차시 = 17.5	35						25			
온라인 교육용 웹페이지구축비	웹페이지 구축 비	-	27						10			
온라인 교육 프로그램 운영비	서버 운영, 관리	12개월*2/개월 =24		24	24	24	24	24	24	24	24	24
실습 교육 프로그램 운영비	강의료 (주강의자 + 조교 1인)	63차시*0.5/차시 * 4개 센터 = 126		63	126	126	126	126	126	126	126	63
	장소대여료	10일*1/일*4개 센터 = 40		20	40	40	40	40	40	40	40	20
	식음료및 기타비용	20		10	20	20	20	20	20	20	20	10
총괄 사업단 운영비	행정인력 인건 비	1인*30 = 30	15	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	워크샵개최, 거점센터와의 정기 회의 등 사업단 운영비 용	50	25	50	50	50	50	50	50	50	50	50
총액			330	197	290	290	290	410	290	290	197	

□ 거점센터 운영 방안 및 예산

- (산학연 전문가 의견 수렴) 12대 전략분야별 Data-driven 소재 연구 및 인력양성 시급 분야 도출
- 12대 전략분야별 Data-driven 소재 개발 수요 분야 도출



○ 12대 전략분야별 소재기술 중요도, 시장 규모 및 성장률, 소재 인력 공급 전망률 조사

	인공 지능	양자	원자력	반도체	이차 전지	수소	우주 항공	모빌리티	로봇 제조	바이오	통신	보안
소재기술 중요도*	5.6	13.2	20.4	25.2	28.2	27.3	28.5	27.9	26.4	21.3	16.2	3.2
시장규모 (조원)	130	8.67	2030 이후 상용화	845.6	179	169	480	252.5	116	1331	667	283
CAGR(%)	34.6	36		3.2	23	9.2	4.4	16.9	12.29	13.9	30	9.65
5년 후 시장 (조원)	427	29		959	410	240	570	472	184	2240	1905	409
소재인력 필요지수**	0.28	0.2	-	427	495	215	762	516	122	271	42	0.12
소재인력 공급(%)***	5	2	-	36	15	4	7	2	9	16	0.02	-

* 전략기술 분야 경쟁우위 선점을 위한 소재 기술 중요도 (30점 만점, 전문가 패널 조사)

** 상대적 비교를 위해 “5년 후 시장 규모/10000 × exp [소재 기술 중요도/3]”로 계산

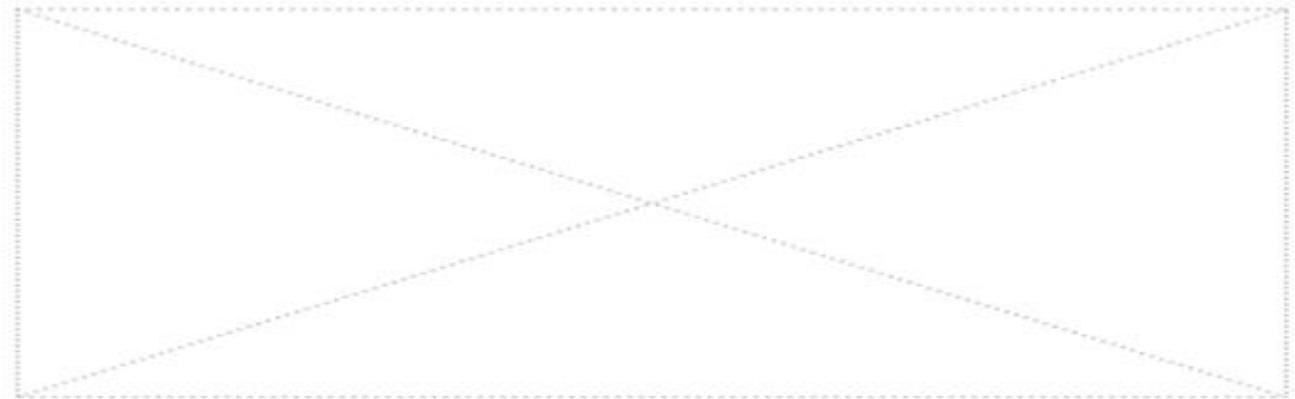
*** 12대분야 신소재 고급과기인력 양성현황 통계조사

○ 12대 전략분야별 인력양성사업 현황 조사

	인공 지능	양자	원자력	반도체	이차 전지	수소	우주 항공	모빌리티	로봇 제조	바이오	통신	보안
산업부	2	-	-	9	5	-	-	1	4	5	1	-
과기부	데이터 사이언스 융합인재 양성	양자 정보과학 전문인력 양성센터	원자력 안전연구 전문인력 양성사업	인공지능 반도체 융합인력 양성사업	-	-	우주 분야 전문 인력 양성	육해공 무인 이동체 혁신인재 양성	-	-	정보통신 방송혁신 인재양성 사업	-
교육부	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	2	-	-	3	1	-	-	1	-	2	-	-
기타부처	5	-	-	-	2	-	-	-	-	보건 (13) 해양 (1)	-	-
총합	10	1	1	14	8	-	1	1	4	19	1	-

○ Data-driven 신소재 인력양성 4대 거점 센터 도출

- 소재 기술 중요도, 인력 양성 시급도를 기준으로 5개 전략기술 분야 도출
- 전략기술분야별 Data-driven 신소재 요소기술 델파이 도출 및 유사 기술 융합에 따른 4대 거점센터 도출



* ●: 중요도/시급도 10점

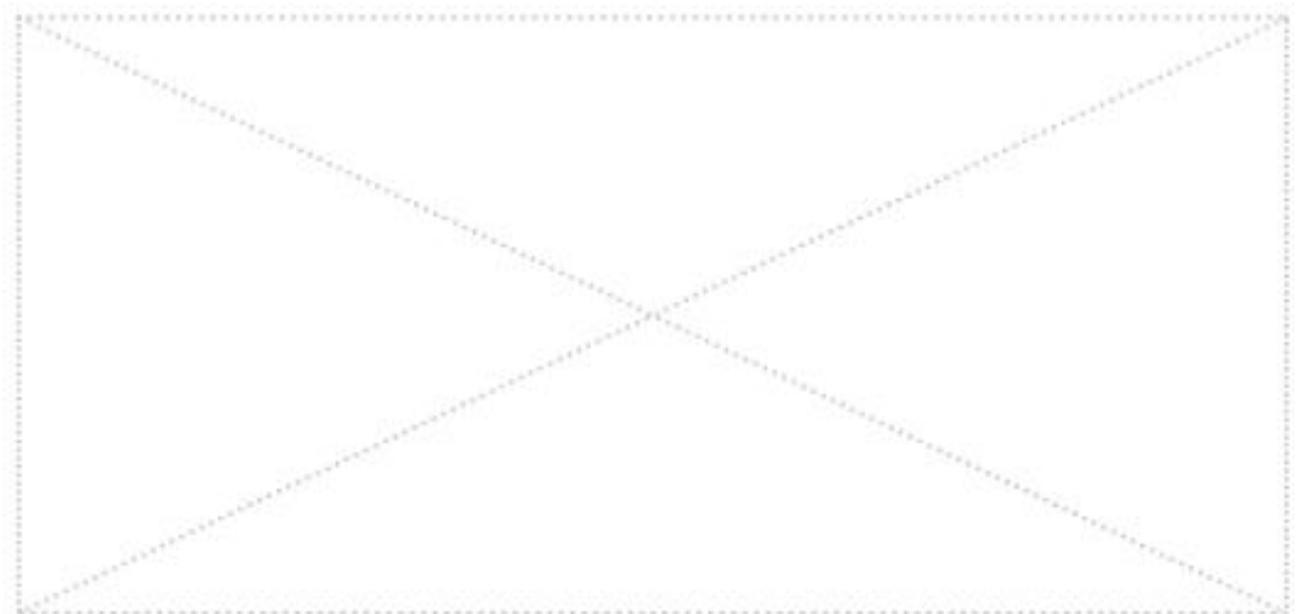
○: 중요도/시급도 5점

** 소재 기술 중요도 판단 근거: 12대 분야 전체 산업 R&D에서 신소재 R&D 비중
전문가 패널 조사

*** 인력양성 시급도 판단 근거: 12대 분야 시장 전망 및
신소재 고급과기인력 양성현황 통계조사

**** Data-driven 신소재 기술: 12대 분야별 Data-driven 소재 개발 수요 분야 도출

○ 시범사업 선정 근거



- 미래 시장 성장속도와 소재 패러다임 전환이 빠른 Data-driven research 필수 도입 전략 분야(①차세대원자력, ②첨단 모빌리티)와 소재인력 수급부족이 심한 전략 분야(③우주·항공, ④수소 등)의 거점 센터를 선발 운영

○ 지원 분야 선정방식

- 12개 국가전략 분야 중 ‘기획마루 공고 → 수요조사 → 전문가심사’를 통한 인력 양성 분야 선정

○ 사업 기간 및 예산



- 매년 2개의 인력양성 분야 선정
- 하나의 센터당 5+3의 지원
- 연 평균 11억 규모 컨소시엄

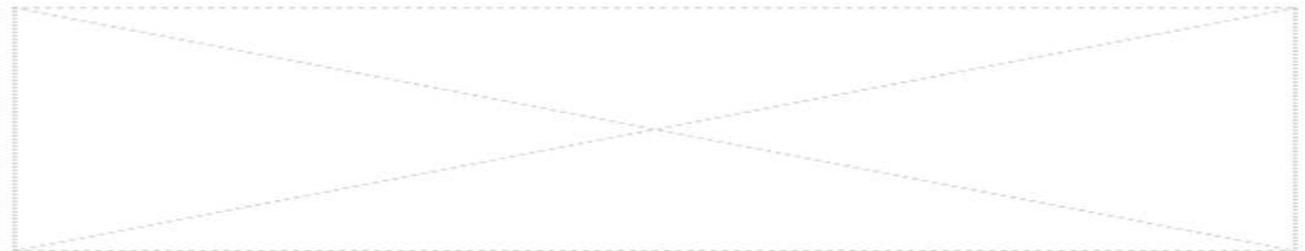
○ 신청 자격 및 필수 요소

- 인력 양성사업 : 3책 5공 적용 예외
- BK와의 중복 지원 불가
- 해당 분야의 연구 인프라를 확보하고 있는 연구소 1개 (필수) + 대학/기업의 컨소시엄

○ 학생선발

- 참여 교수진 지도학생 50% + 연구재단을 통한 선발 50% (거점센터 재량)

○ 거점 센터 선정 절차



○ 거점 센터 평가 기준

평가항목	배점기준	배점
사업 수행 능력	사업참여 교수진의 전문성 및 우수성	20
	사업 참여 기관의 우수성	10
교육프로그램 계획의 합리성	교육 프로그램의 우수성	30
	데이터 연계 교육의 필요성	10
	인프라 활용 계획의 적절성	10
	학생 유치/관리 계획의 적절성	10
	산업 수요에 따른 사업 계획의 타당성	10

○ 거점 센터 배출 인력 (2~3세부)

		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	총계
석사 과정	신입생	10	10	10	10	10	10	10	10		
	재학생		10	20	20	20	20	20	20	10	
	수료생			10	10	10	10	10	10	10	70명 배출
박사 과정	신입생	10	10	10	10	10	10				
	재학생		10	20	30	40	40	30	20	10	
	수료생					10	10	10	10	10	50명 배출
총계											120명 배출

○ 거점 센터 (2~3세부) 예산

Task	항목	세부내역	예산 (백만원)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
학생 지원	외부인건비 (학생인건비)	박사(1.5/월), 석사(0.8/월)	-	276	552	732	912	912	732	552	276
연구역량 프로그램 운영비	연구역량 프로그램 개발비 (교재 개발, 교육 프로그램 개발을 위한 전문가 활용비)	5개 프로그램 *전문가 3인 *3	45								
	연사료 (책임급5인, 실습조교 5인)	2회/연 *10/회		20	20	20	20	20	20	20	20
	기타 운영 비용	2회/연 *10/회		20	20	20	20	20	20	20	20
Data- driven project 운영비	인건비 (출연연거점센터)	100/연		100	100	100	100	100	100	100	100
	프로젝트 연구비	100/EA *3EA/연		300	300	300	300	300	300	300	300
총괄 사업단 운영비	행정인력 인건비	1인 * 30 = 30	15	30	30	30	30	30	30	30	30
	성과공유회개최, 자문위원 회의 등 사업단 운영비용	50	25	50	50	50	50	50	50	50	50
총액			85	796	1072	1252	1432	1432	1252	1072	796

○ 거점 센터 배출 인력 (4~5세부)

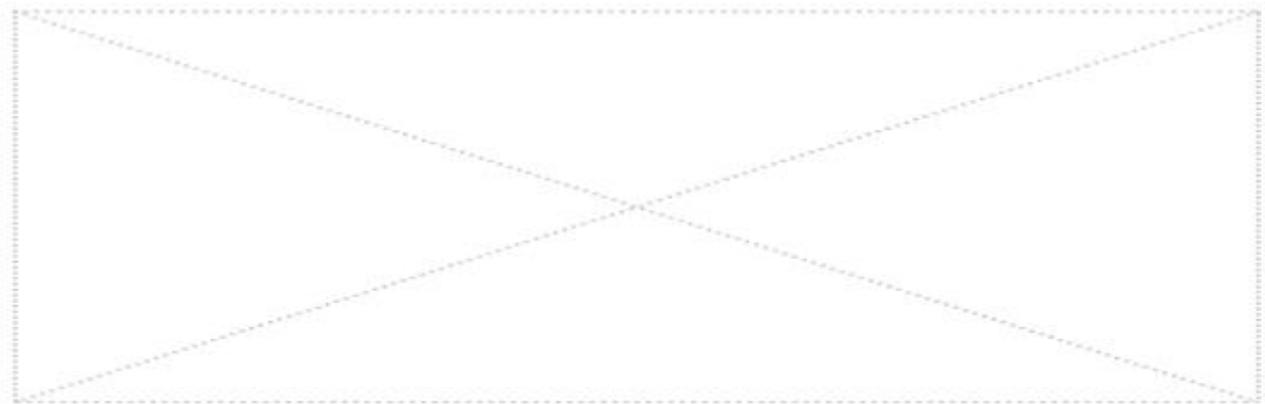
		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	총계
석사 과정	신입생	10	10	10	10	10	15	15		
	재학생		10	20	20	20	20	25	25	
	수료생			10	10	10	10	15	15	70명 배출
박사 과정	신입생	10	10	10	10	15	15			
	재학생		10	20	30	40	40	35	25	
	수료생					10	10	15	15	50명 배출
총계										120명 배출

○ 거점 센터 (4~5세부) 예산

Task	항목	세부내역	예산 (백만원)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
학생 지원	외부인건비 (학생인건비)	박사(1.5/월), 석사(0.8/월)	-	276	552	732	912	912	870	690
연구역량 프로그램 운 영비	연구역량 프로그램 개발비 (교재 개발, 교육 프로그램 개발을 위한 전문가 활용비)	5개 프로그램* 전문가 3인 *3	45							
	연사료 (책임급5인, 실습조교 5인)	2회/연 *10/회		20	20	20	20	20	40	40
	기타 운영 비용	2회/연 *10/회		20	20	20	20	20	20	20
Data -driven project 운영비	인건비 (출연연거점센터)	100/연		100	100	100	100	100	150	150
	프로젝트 연구비	100/EA *3EA/ 연		300	300	300	300	300	450	450
총괄 사업단 운영비	행정인력 인건비	1인 * 30 = 30	15	30	30	30	30	30	30	30
	성과공유회 개최, 자문위원 회의 등 사업단 운영비용	50	25	50	50	50	50	50	50	50
총액			85	796	1,072	1,252	1,432	1,432	1,610	1,430

□ 거점센터 운영 예시 1: 미래 모빌리티·기계·로봇 산업 Data-driven 소재 센터

- 거점센터 설립의 필요성: 전략 분야별 Data-driven 신소재 고급 과기인력양성
- 사업 목적: 12대 국가전략분야 중 하나인 “미래 모빌리티”, “첨단로봇·제조” 분야에서 친환경, 자율주행등 새로운 패러다임이 요구하는 소재 기술역량을 견인할 수 있는 Data-driven 소재 고급과기인 양성
- 미래 인재상
 - 전기·수소차, 자율차, 인공지능(AI), 소프트웨어(SW) 등 미래 모빌리티 시스템 이해
 - 다양한 분야의 모빌리티 전문가들과 논의하며 기술을 발전시킬 수 있는 소통형 인재
 - 지상, 해상, 항공, 우주를 넘나드는 모빌리티를 폭넓게 이해할 수 있는 통섭형 인재
 - 새로운 인간 친화형 모빌리티 생태계를 만들고 친환경 신소재를 적용할 수 있는 전문 인재
- 미래 모빌리티 분야에서 요구되는 신소재 기술 (기업수요조사)



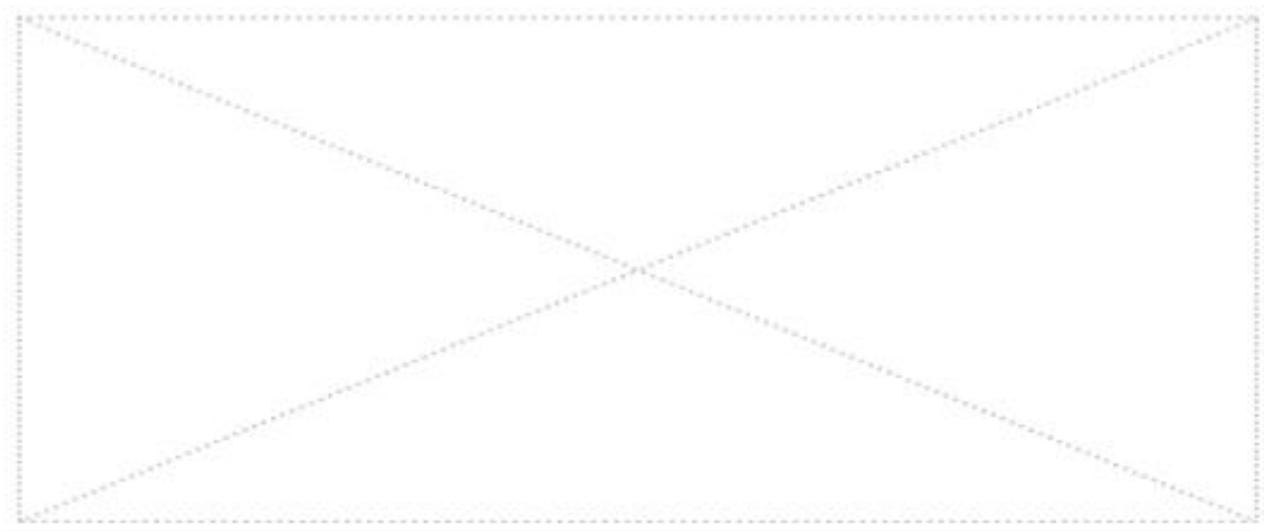
<그림 29> 기업 수요조사를 통해 발굴한 모빌리티 분야 미래 소재 기술

○ 컨소시엄 구성

- 거점 센터는 출연(연)이 주관이 되어 다수의 대학과 컨소시엄 구성
- 전략 분야의 산·학·연 자문위원회 구성을 통한 의견 반영

○ 인력 양성 방안

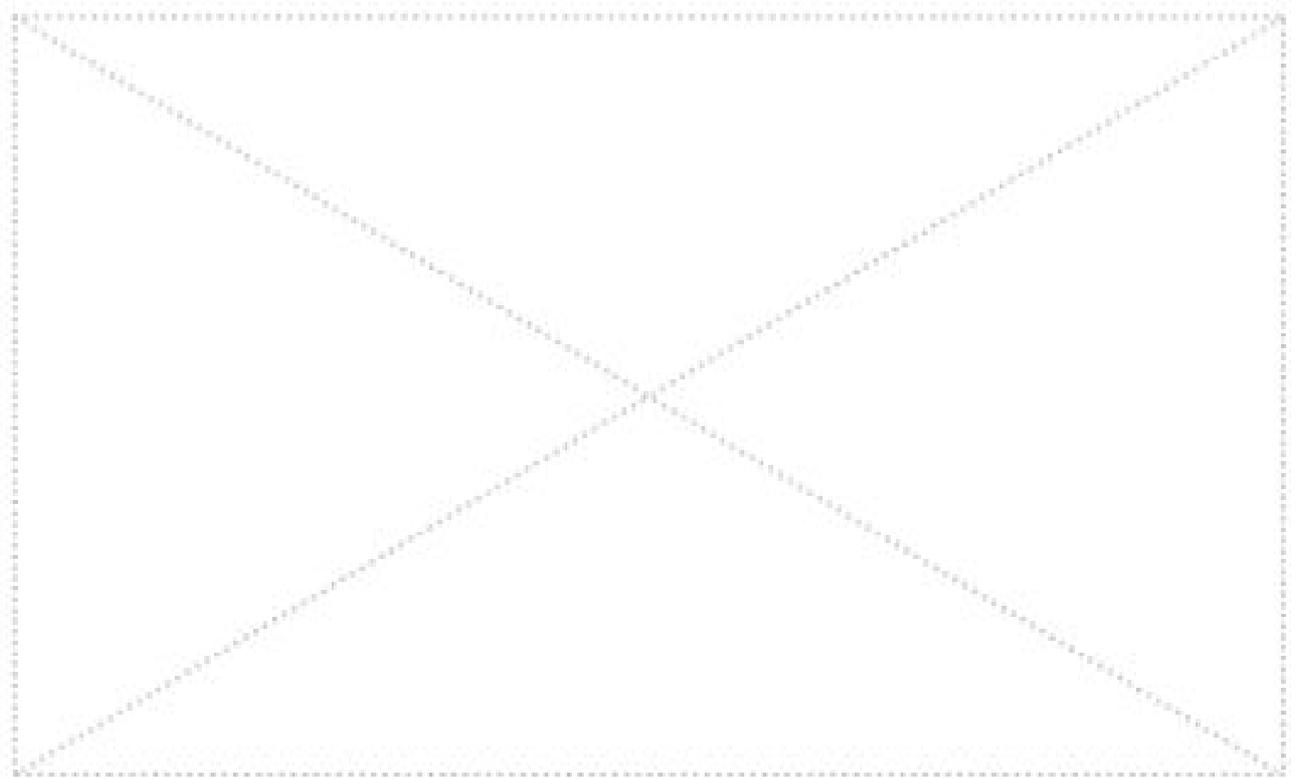
- **핵심 양성 인력:** 연간 석사 10명, 박사 10명 규모 선발 및 지원
- 참여학생모집을 위한 학부생 대상 사업설명회, 상담회진행 예정 (3월, 9월)
- 홈페이지, 인스타그램, 유튜브를 통한 사업 홍보
- 학부 인턴제도, 연구실 Open Lab 등을 통해 학부생의 관심 유발
- 혜택: 인건비 지원, 부전공 및 마이크로디그리 등 학위 수여, 참여기업 채용 가산점, 멘토 지정
- 의무: Data-driven research 기반의 학위 논문 작성, 필수 교육 프로그램 이수



- **Open형 양성 인력:** 교육 수강 희망자 (관련 분야 종사자 및 학생)

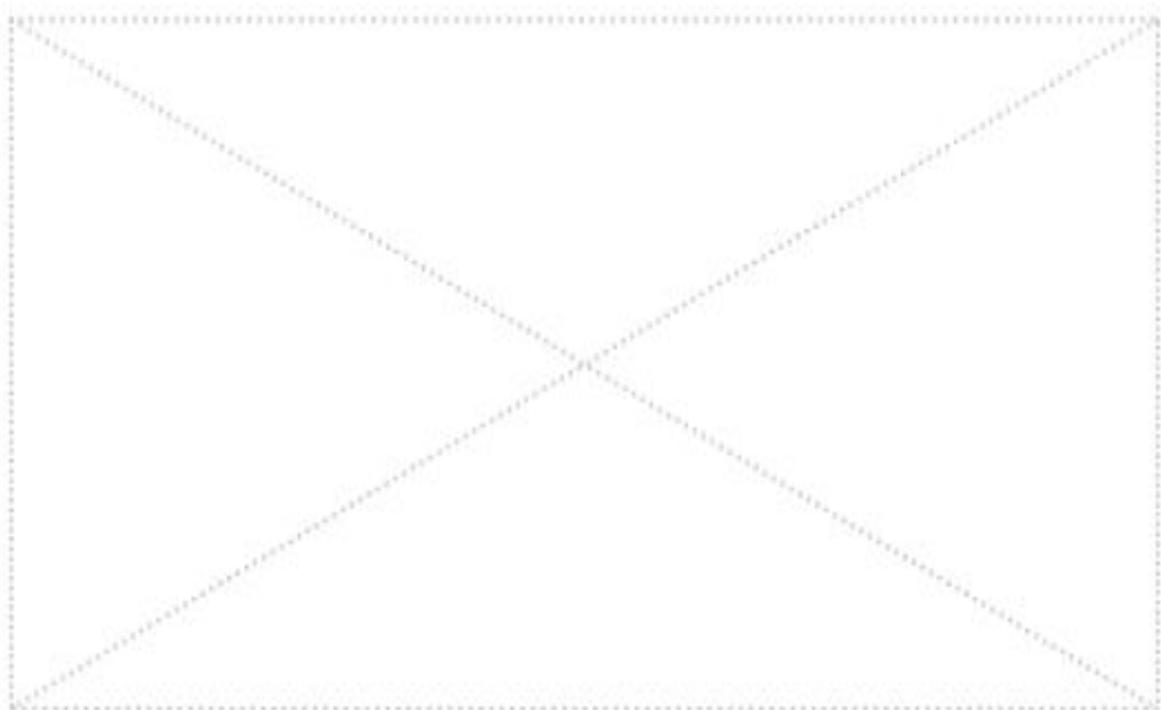
* 프로그램 지정 기초/심화 교과목은 학부 수강 과목 인정, 유사 과목 수강 인정, 타학교 청강 인정 등을 통한 유연성 확보

○ 교육 프로그램 개요

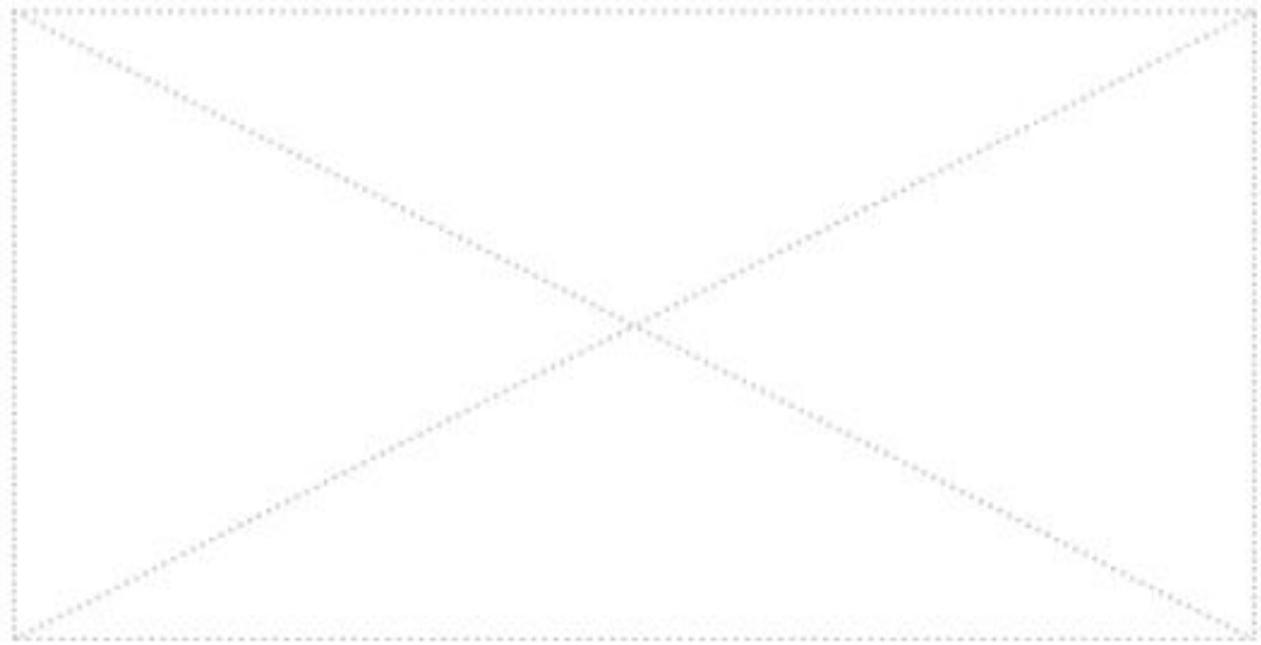


1) 기초/심화 커리큘럼

- 참여 대학 개설 강의 활용
- 필요시 고경력/은퇴 과학기술인 특강 개설

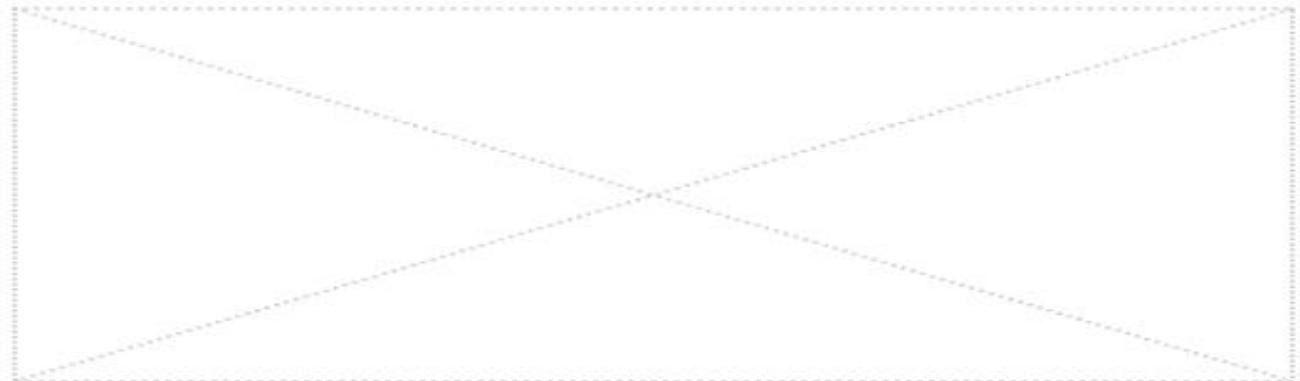


2) 연구 역량 프로그램



3) 현장 연계 프로젝트 (Data-driven project)

- 거점센터에서 모빌리티 소재/공정/측정·분석 분야에서 Data-driven research의 적용이 시급하게 요구되는 주제 연 3개 선정 및 공고
- 거점센터 출연(연) 책임급 연구원, 참여대학 교수 및 프로그램 참여 박사과정 학생이 1년간 공동 프로젝트 수행
- 학생의 거점센터 파견, 거점센터 및 참여 대학의 장비 활용 지원
- 산업계 자문위원회와의 능동적인 피드백
- 총괄 워크샵에서 성과 발표



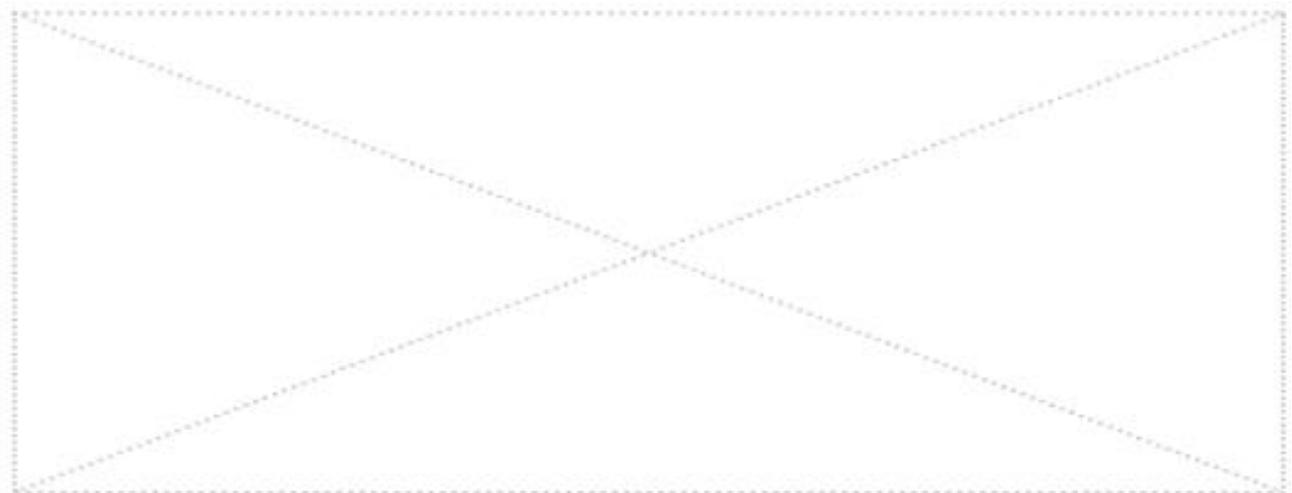
□ 거점센터 운영 예시 2: 우주·항공 Data-driven 소재 센터

- 거점센터 설립의 필요성 : 전략 분야별 Data-driven 신소재 고급 과기인력양성
- 사업 목적: 12대 국가전략분야중 하나인 “우주·항공 분야에서 AI/ML 기반 우주·항공용 소재 최적화 기술 및 산업화 검증 능력을 갖춘 융합인재양성

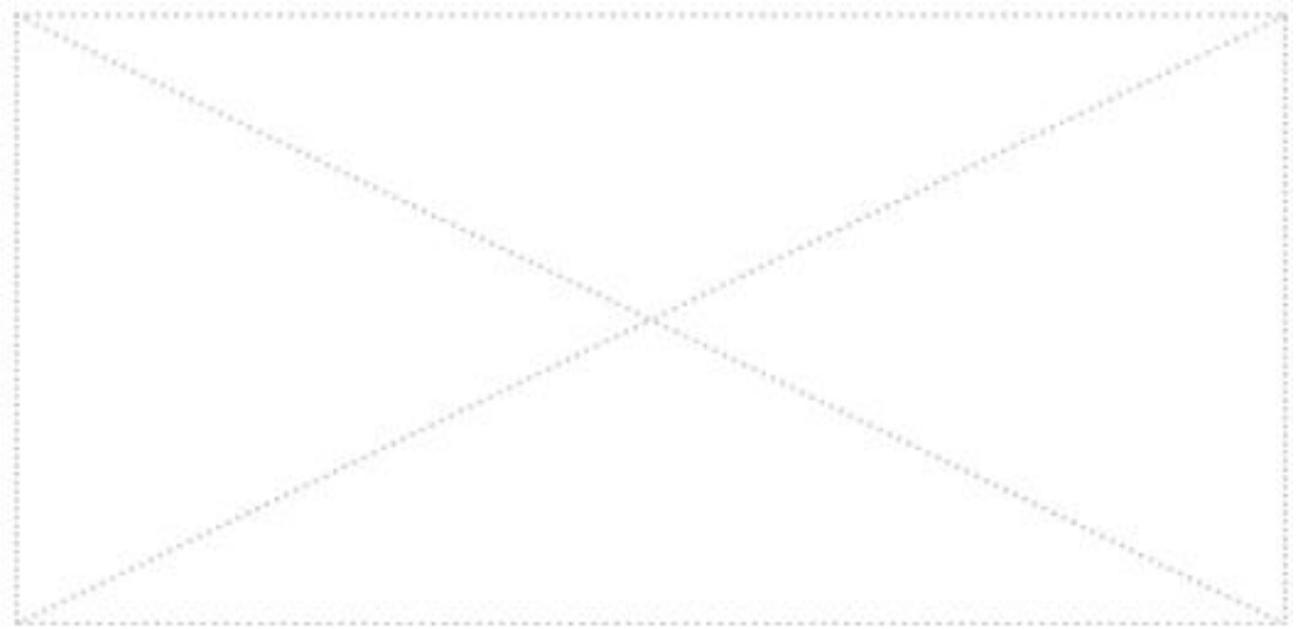


<그림 30> 항공우주용 구조 소재 AI 계산 및 실증, 소재-부품-파트-전기체 단계적 검증

- 미래 인재상
 - AI/ML 기반 신소재/시스템의 체계적 분류/최적화 기술/산업화 검증 능력을 보유한 인재
 - 항공·우주 분야에 대한 깊은 이해와 지식을 가진 전문가
 - 글로벌 시장에서 경쟁할 수 있는 국제적인 시각과 인재
 - 우수한 과학기술 능력: 고급 신소재 과학기술에 대한 깊은 이해와 체계적인 지식 함양
 - 인공지능(AI)/기계학습(ML) 분야의 전문성: AI/ML을 항공 우주 분야에 적용에 필수
 - 문제 해결 능력: 복잡한 문제를 해결하기 위한 분석 능력과 창의성
 - 협업 능력: 다양한 분야의 전문가들과 협력하여 문제를 해결하고 의사소통하는 능력



<그림 31> 사업 모델 및 방향성



<그림 32> 인공지능을 활용한 우주·항공 소재 개발 및 적용

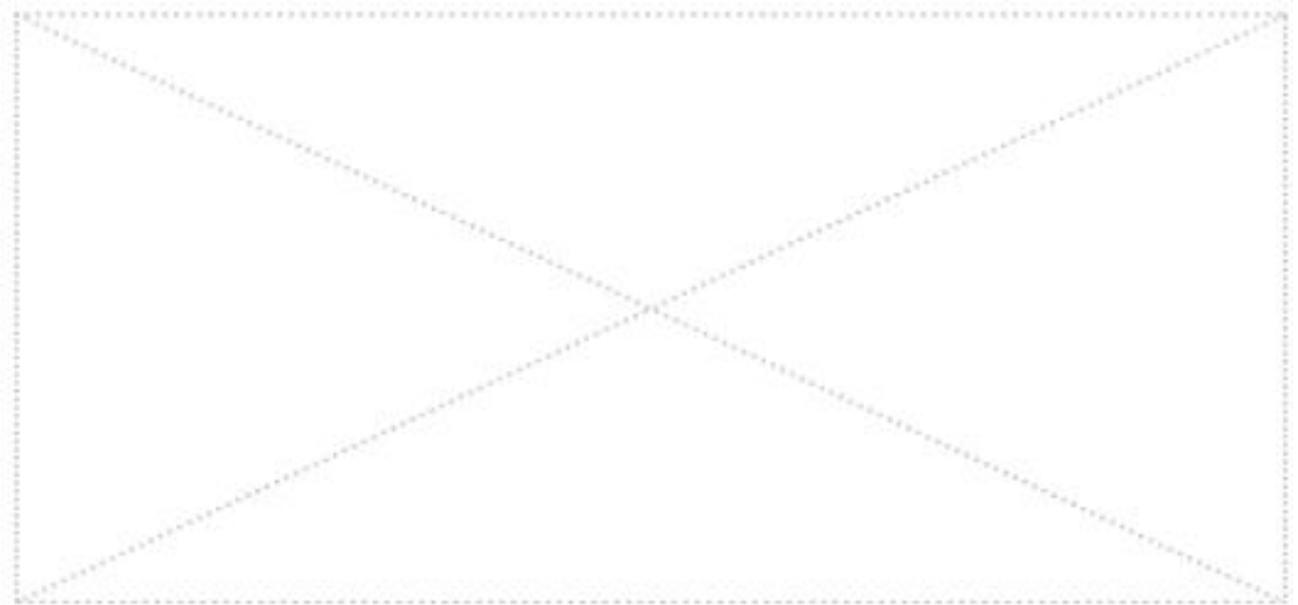
○ 컨소시엄 구성

- 거점 센터는 출연(연)이 주관이 되어 다수의 대학과 컨소시엄 구성
- 전략 분야의 산·학·연 자문위원회 구성을 통한 의견 반영

○ 인력양성 방안

- 전문교육과정 개발: 신소재 과학기술 전문가 양성을 위한 전문 교육과정을 개발해야 함. 이를 위해 과학기술에 대한 기본 이해부터 출발하여, 현재의 최신 기술 동향 및 관련 이론, 실험, 분석 및 실무 등을 종합적으로 다루는 교육과정이 필요함.
- 실습교육 강화: 학생들이 이론을 실제로 적용할 수 있도록, 실험 및 실습 교육을 강화해야 함. 이를 위해 교육과정에 실습과정을 반드시 포함하고, 실습과정에서는 학생들이 최신 장비와 기술을 활용할 수 있도록 최신 장비를 구비해야 함.
- 산업체와의 적극적인 연계: 거점센터에서 교육과정 및 연구활동을 적극적으로 지원하는 산업체들과 연계하여 현장 실무 경험을 제공하고, 실제 산업현장에서 발생하는 문제점에 대한 해결 능력을 함양할 수 있도록 지원할 필요가 있음.
- 창의적인 프로그램 제공: 거점센터에서는 창의적인 프로그램을 제공하여 학생들의 창의력과 문제해결 능력을 향상시켜야 합니다. 이를 위해 팀프로젝트, 아이디어 경진대회, 특별 강연 등의 프로그램을 운영하며, 학생들이 새로운 아이디어와 기술을 발굴하고 활용할 수 있도록 지원해야 함.

○ 교육 프로그램 개요



<그림 33> 우주·항공 소재 과기인력 양성 커리큘럼

(1) 기초/심화 커리큘럼

- 물리학: 고전 물리학, 전자기학, 양자역학, 열역학
- 화학: 무기화학, 유기화학, 물리화학, 재료화학
- 수학: 미적분학, 선형대수학, 확률 및 통계, 수치해석
- 공학: 기계공학, 전자공학, 컴퓨터공학, 항공우주공학 기초
- 재료과학: 금속, 복합재료, 세라믹, 고분자, 나노재료
- 우주환경과 재료: 우주환경의 특성, 공간용 재료 및 성능, 우주환경에서의 재료특성 변화
- 항공우주 소재: 항공기 및 우주선용 재료, 경량화 및 고강도 재료, 내열재료
- 우주 에너지 시스템: 태양전지, 에너지 저장 시스템, 에너지 전달 및 배포

(2) 연구 역량 프로그램

- 소재 모델링 및 시뮬레이션: 모델링 기법, 컴퓨터 시뮬레이션, 계산 재료과학
- 소재 실험 및 테스트: 실험 설계, 재료 분석 및 테스트, 고장 분석
- 우주 항공 소재 최신 기술: 스마트 소재, 자가 치유 소재, 난연성 소재 등
- 인턴십 및 산학 협력 프로젝트: 기업 현장에서의 인턴십, 항공우주 산업의 연구 및 개발 프로젝트 참여

(3) 현장 연계 프로젝트

- 우주선 및 위성 설계: 구조물 설계, 열 보호 시스템, 전기 및 전자 시스템
- 우주로켓 및 발사체: 로켓 엔진, 연료 시스템, 발사체 구조물 및 내열재료
- 항공기 설계 및 구조: 항공기 구조물, 엔진 및 추진 시스템

□ 거점센터 운영 예시 3: 청정·안전 에너지용 Data-driven 소재 센터

○ 거점센터 설립의 필요성 : 전략 분야별 Data-driven 신소재 고급 과기인력양성



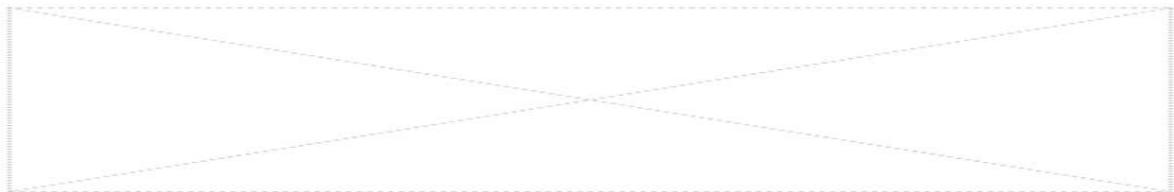
<그림 34> 청정·안전 에너지용 신소재 AI 계산 및 저장 관련 시스템 AI

○ 사업 목적: 12대 국가전략분야 중 하나인 “수소”, “청정 에너지생산”, “청정 에너지 저장” 분야에서 data-driven AI/ML 기반 소재의 전기화학 거동 해석, 시스템 최적화 및 산업화검증 능력을 갖춘 융합인재양성

○ 미래 인재상

- Data-driven AI/ML 기반의 (1) 소재분류 및 소재해석 (2) 제조 시스템 Composite/시스템 최적화 (3) 산업화검증 등 청정 에너지 분야의 융복합적 인재
- 수소 전극 소재 및 액체+고체 전해질 분류 및 해석
- 수소, 연료전지, 에너지저장 신소재 설계 및 예측
- 신소재 QC/QT 분석기기 빅데이터 수집 및 신뢰도 확보
- 제조/제작 시스템 모델링 및 Product 안정성 검증

○ 컨소시엄 구성



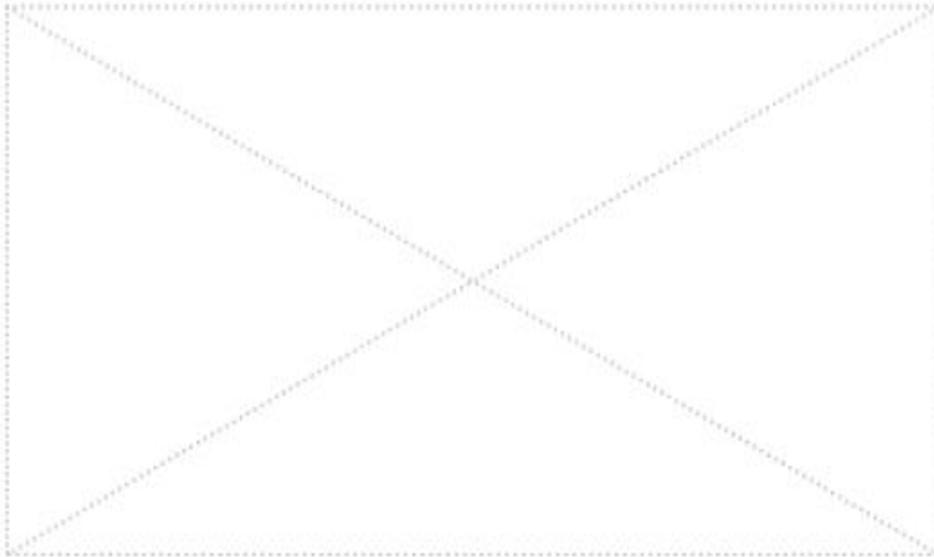
<그림 35> 청정·안전 에너지분야 As-Is & To-Be 사업 및 인력양성 목표

- AI/ML 분야의 개인지도 역량 중심 인재양성 교육에서 국가주도 융합적 포괄교육으로 확장
- 거점 센터는 출연(연)이 주관이 되어 다수의 대학과 컨소시엄 구성
- 전략 분야의 산·학·연 자문위원회 구성을 통한 의견 반영하여 분야 및 시스템 체계 확보
- 대학간 + 분야별 공유형 컨소시엄 구성 및 맞춤형 교육 (1기초-2심화-2과제 교육운영) 연구소 에너지 소재분야 컨소시엄을 통하여 AI/ML 실제 계산 경험 및 검증 (인프라 + Data)제공
- K-MDS (플랫폼 활용) 국가주도 연구데이터 및 플랫폼 활용 및 연계 교육
- 석-박사 2인-1교수-1전문가의 효율적 공동 교육 및 공식 Certificate 제공

○ 인력 양성 방안

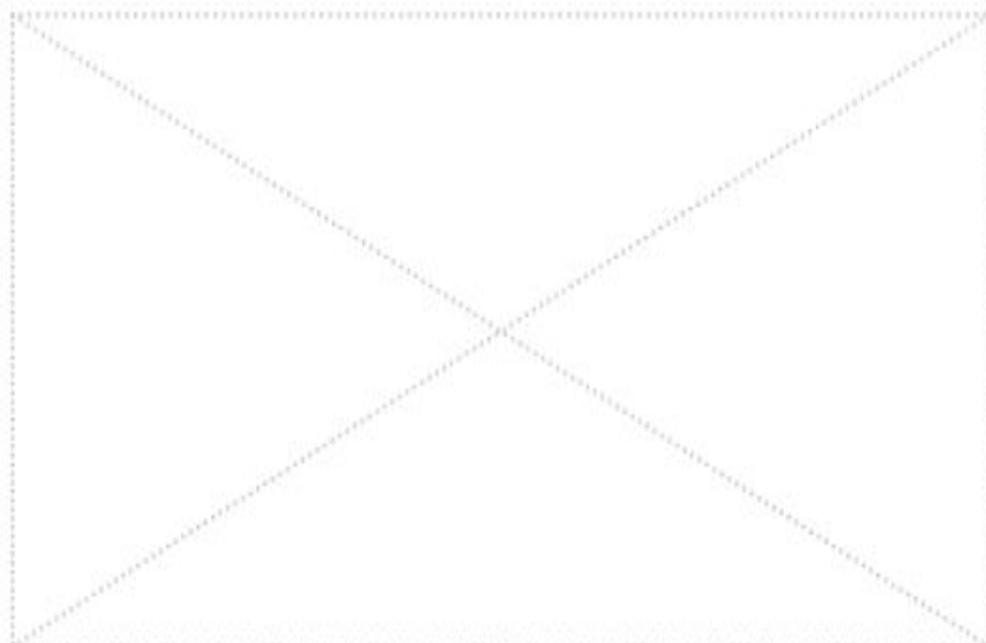
- 핵심 양성 인력: 연간 석사 10명, 박사 10명 규모 선발 및 지원
- 참여학생모집을 위한 학부생 대상 사업설명회, 상담회진행 예정 (3월, 9월)
- 홈페이지, 인스타그램, 유튜브를 통한 사업 홍보
- 학부 인턴제도, 연구실 Open Lab 등을 통해 학부생의 관심 유발
- 혜택: 인건비 지원, 부전공 및 마이크로디그리 등 학위 수여, 참여기업 채용 가산점, 멘토 지정
- 의무: Data-driven research 기반의 학위 논문 작성, 필수 교육 프로그램 이수
- Open형 양성 인력: 교육 수강 희망자 (관련 분야 종사자 및 학생)

○ 교육 프로그램 개요

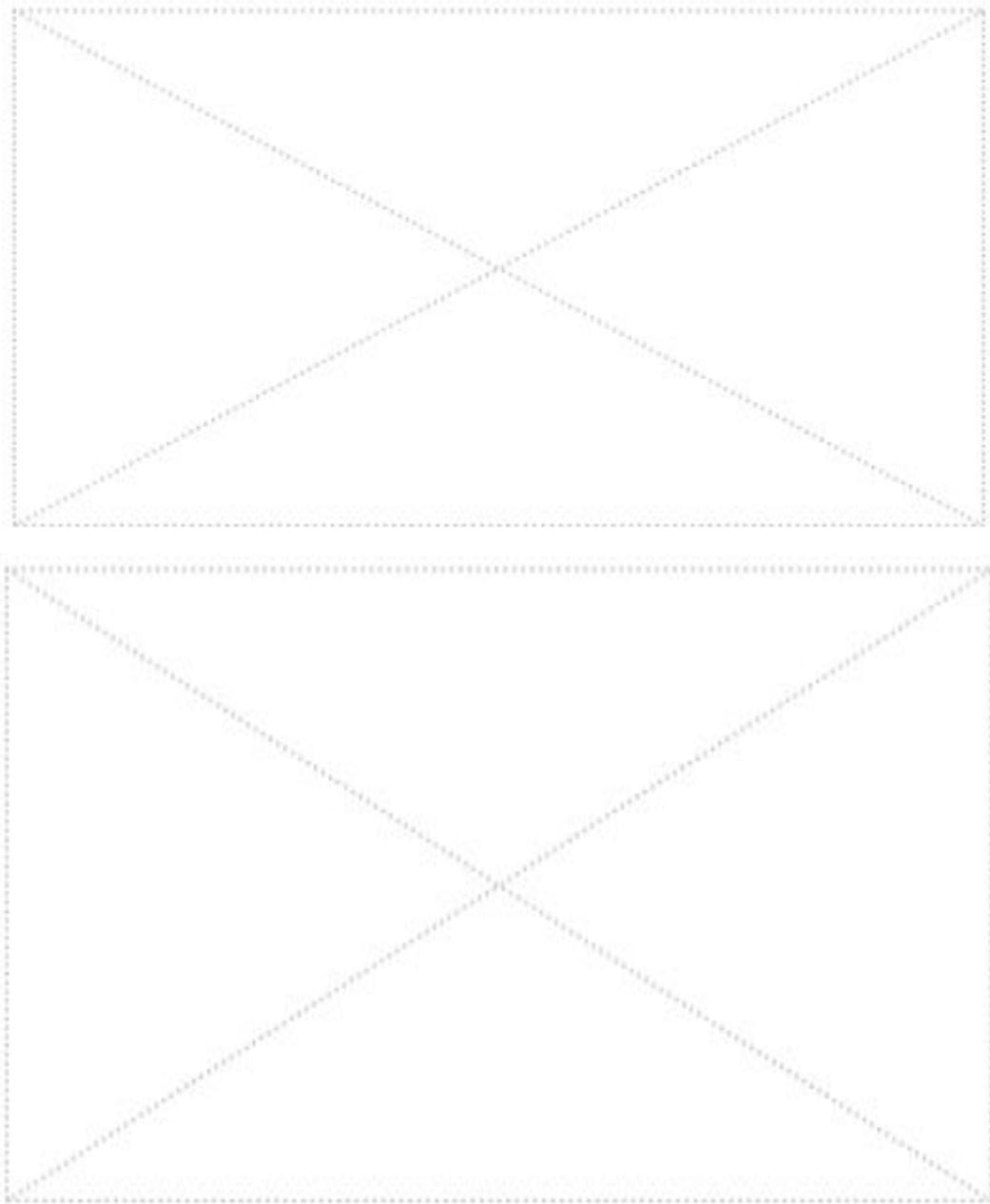


(1) 기초/심화 커리큘럼

- 참여 대학 개설 강의 활용
- 필요시 고경력/은퇴 과학기술인 특강 개설



(2) 연구 역량 프로그램



(3) 현장 연계 프로젝트 (Data-driven project)

- 거점센터에서 모빌리티 소재/공정/측정·분석 분야에서 Data-driven research의 적용이 시급하게 요구되는 주제 연 3개 선정 및 공고
- 거점센터 출연(연) 책임급 연구원, 참여대학 교수 및 프로그램 참여 박사과정 학생이 1년간 공동 프로젝트 수행
- 학생의 거점센터 파견, 거점센터 및 참여 대학의 장비 활용 지원
- 산업계 자문위원회와의 능동적인 피드백
- 총괄 워크샵에서 성과 발표

□ 거점센터 운영 예시 4: 차세대원자력 Data-driven 소재 센터

- 거점센터 설립의 필요성 : 전략 분야별 Data-driven 신소재 고급 과기인력양성
- 사업 목적: 12대 국가전략분야중 하나인 “차세대원자력” 분야에서 AI/ML 기반 우주항공용 소재 최적화 기술 및 산업화 검증 능력을 갖춘 융합인재양성



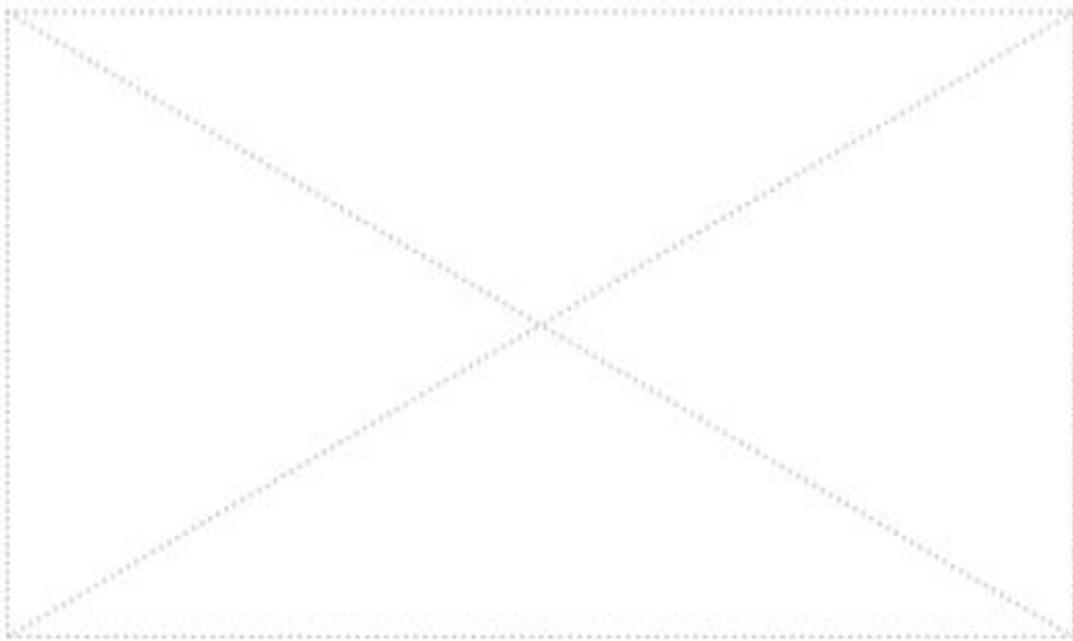
<그림 36> 차세대원자력 분야에서의 Data 기반 소재 개발

- 미래 인재상
 - AI/ML 기반 신소재 및 차세대 원자력 시스템의 체계적 분류/최적화 기술/산업화 검증 능력을 보유한 인재
 - 차세대원자력 분야에 대한 깊은 이해와 지식을 가진 전문가
 - 글로벌 시장에서 경쟁할 수 있는 국제적인 시각과 인재
 - 우수한 과학기술 능력: 차세대원자력 기술 및 관련 신소재에 대한 깊은 이해와 체계적인 지식 함양
 - 인공지능(AI)/기계학습(ML) 분야의 전문성: AI/ML을 차세대원자력 분야에 적용하는 데 필수
 - 문제 해결 능력: 복잡한 문제를 해결하기 위한 분석 능력과 창의성
 - 협업 능력: 다양한 분야의 전문가들과 협력하여 문제를 해결하고 의사소통하는 능력
 - 지속가능한 발전에 대한 이해: 친환경 에너지 및 기후 변화와 관련된 이슈에 대한 인식과 책임감
- 컨소시엄 구성
 - 거점 센터는 출연(연)이 주관이 되어 다수의 대학과 컨소시엄 구성
 - 전략 분야의 산·학·연 자문위원회 구성을 통한 의견 반영
- 인력 양성 방안
 - 차세대원자력 소재 전문 교육과정 개발: 원자력 소재 분야에서 필요한 전문적인 지식과 기술을 습득할 수 있는 교육과정을 개발해야 함. 이를 위해 기본 이론은 물론 최신 기술 동향, 실험, 분석, 실무 등을 종합적으로 다루는 교육과정이 필요함
 - 차세대원자력 소재 실험 및 실습 교육 강화: 이론을 실제로 적용할 수 있도록, 실험 및 실습 교육을 강화해야 함. 이를 위해 최신 장비와 기술을 활용할 수 있는 실험 및 실습 시설을 구비하고, 교육과정에 실습 과정을 반드시 포함시켜야 함
 - 산업체와의 적극적인 협력: 차세대원자력 소재 분야의 산업체들과 연계하여 현장 실무 경험을 제공하고, 실제 산업현장에서 발생하는 문제점에 대한 해결 능력을 함양할 수 있도록 지원해야 함. 이를 위해 거점센터에서 교육과정 및 연구활동을 적극적으로 지원하는

산업체와의 협력을 강화하고, 원자력 소재 분야의 산업체들과 함께 프로젝트를 수행하는 기회를 제공해야 함.

- 창의적인 프로그램 제공: 학생들의 창의력과 문제해결 능력을 향상시키기 위해, 거점센터에서는 팀프로젝트, 아이디어 경진대회, 특별 강연 등의 창의적인 프로그램을 운영해야 함. 이를 통해 학생들이 새로운 아이디어와 기술을 발굴하고 활용할 수 있도록 지원하고, 원자력 소재 분야에서의 창의적인 문제해결 능력을 강화할 수 있도록 도와야 함.

○ 교육 프로그램 개요



<그림 37> 원자력 발전 소재 커리큘럼

(1) 기초/심화 커리큘럼

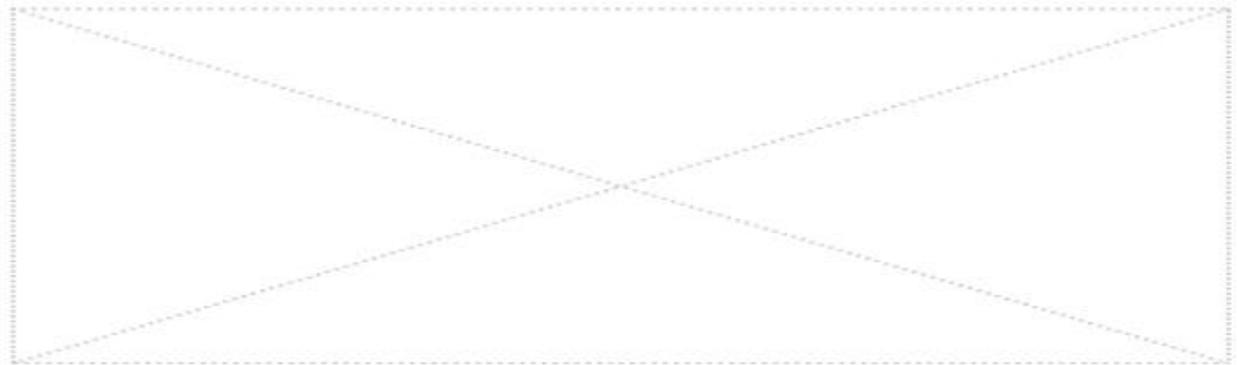
- 참여 대학 개설 강의 활용
- 필요시 고경력/은퇴 과학기술인 특강 개설
- 물리학: 고전 물리학, 전자기학, 양자역학, 열역학
- 화학: 무기화학, 유기화학, 물리화학, 전기화학
- 수학: 미적분학, 선형대수학, 확률 및 통계, 수치해석
- 공학: 기계공학, 전자공학, 화학공학, 에너지공학 기초

(2) 연구 역량 프로그램

- (필수) 데이터사이언스: K-MDS와 연계한 데이터 소재 설계 기법
- (필수) 차세대원자력시스템: 원자력시스템 구조 및 주요 설계 요소의 이해
- 3차원 적층제조 특강: 3차원 적층제조 공정을 활용한 원자력시스템 구현 기술
- 소재기기 분석기법: 원자력환경에서의 소재 성능 평가 기법
- 내열·내방사능 소재 검증: 극한 환경 (초고온, 방사능) 소재 설계 및 분석/평가 기법
- 인공지능재료설계: 기계학습/인공지능 기초이론 및 실습
- Multi-scale 분석 기법: 다차원 소재 분석 기법
- Multi-scale 모델링: 유한요소해석, 상장모델, 분자동역학 등 시뮬레이션 기법

(3) 현장 연계 프로젝트

- 거점센터에서 모빌리티 소재/공정/측정·분석 분야에서 Data-driven research의 적용이 시급하게 요구되는 주제 연 3개 선정 및 공고
- 거점센터 출연(연) 책임급 연구원, 참여대학 교수 및 프로그램 참여 박사과정 학생이 1년간 공동 프로젝트 수행
- 학생의 거점센터 파견, 거점센터 및 참여 대학의 장비 활용 지원
- 산업계 자문위원회와의 능동적인 피드백
- 총괄 워크샵에서 성과 발표
- 후보 주제
 - 1) 3차원 적층제조를 활용한 원자력 소재 개발
 - 2) 원자력시스템용 신물질 설계
 - 3) 모델링 및 시뮬레이션기반 소재 성능 예측



제 6 절 기대 효과

□ (학술적 성과) 신소재 분야 Data-driven 연구 문화 확산

- 9년간 총 480명 (거점센터별 석사 70명, 박사 50명, 총 4개 거점센터)의 신소재분야 Data-driven 고급 과기인력 양성
- 다양한 소재 분야에서 480개의 Data-driven 연구 학위 논문 누적, 디지털 연구 문화 확산에 기여

□ (기술적 성과) Data-driven 연구를 통한 미래전략분야 소재 원천 기술 확보

- 9년간 총 108개의 산·학·연 Data-driven 소재 연구 결과 누적, 미래전략분야 소재 원천 기술 확보
- 상위 5% 논문 50편 이상, 소재 원천 특허, 기술이전 기대

□ (경제·사회적 성과) 소재 연구 효율성 혁신을 통한 미래전략기술 분야 경쟁력 제고

- 우리나라의 경우 소재·부품이 전체 수출에서 차지하는 비중은 최근 5년간 50%를 웃도는 수준으로 높지만, 반도체 등 주력부품 의존도가 지나치게 높고, 對중국 경쟁력이 약화되는 등 위기를 극복하기 위해 다양한 소재 분야 기술 경쟁력 제고를 위한 노력이 필요함
 - * 소재·부품 교역 동향 및 우리나라 경쟁력 현황 (2021)
- 본 사업을 통해 소재 연구 효율성을 극대화하고, 원천 소재를 발굴하여 12대 전략기술분야의 소재 경쟁력을 제고하고, 기술 주도권을 확보하여 경제성장을 견인할 수 있음
- 미래 사회가 당면한 글로벌 이슈(탄소중립, 기후변화 등)를 능동적으로 해결하는 소재기술을 확보하여, 윤석열 정부 120대 국정과제 중 23개 과제 해결에 기여
- 지식(데이터) 공유사회 형성에 기여함으로써 효과적인 사회 통합의 기반 기술과 데이터 연구 문화 확산에 기여