

2024
April

한림원의
목소리
제 109 호

이론-실험연구가 조화롭게 양립될 수 있도록 제도 개선이 필요하다



이론-실험연구가 조화롭게 양립될 수 있도록 제도 개선이 필요하다



급속도로 발전하는 최첨단 기술의 밑바탕에는 과학기술의 근간이 되는 보편적 진리에 도달하기 위해 보이지 않는 곳에서 밤낮으로 노력하는 연구자가 있다. 과학·공학 분야의 연구자는 인류의 오래된 난제를 해결하고 최신 기술개발에 기여하고자 하는 목표를 가지고 다양한 방식으로 연구를 수행하고 있다. 책과 논문을 쌓아두고 열심히 수식을 쓰며 계산하는 연구자, 컴퓨터를 이용한 데이터 분석, 과학 계산 또는 시뮬레이션을 하는 연구자, 실험실에서 다양한 도구와 기기를 사용하여 실험하는 연구자 등 오늘날에는 다양한 연구자들이 존재한다.

인류문명의 긴 역사 동안 연구개발을 위한 노력과 결과가 축적되면서 이론연구와 실험연구를 위해 요구되는 전문성이 각각 높아졌고, 그 결과 한 연구자가 이론연구와 실험연구를 모두 수행하는 것이 거의 불가능해졌다. 또한 같은 학문 분야에서도 이론연구와 실험연구의 구분이 생기고, 두 연구집단 사이에 소통이 점점 어려워지는 이른바 연구문화 이원화 현상이 발생하였다. 연구문화 이원화는 연구 수행의 효율성을 증대시킨다는 이점도 있지만 연구자의 역량과 상관없이 편향된 연구수행, 또는 연구자 간의 소통을 어렵게 하는 문제점도 있다. 더 나아가 이론연구 또는 실험연구에만 치중된 연구는 ‘문제 해결 중심’ 연구에서 멀어져서 ‘난제 해결을 통한 인류문명 발전’을 이루는 것을 어렵게 한다.

이번 한림원의 목소리에서는 한국차세대과학기술한림원(Y-KAST)에서 ‘이론연구와 실험연구의 양극화, 진정한 협력을 이루려면?’을 주제로 작성한 ‘이론연구’와 ‘실험연구’의 양극화 현상에 대해 작성한 차세대 리포트의 내용을 바탕으로 연구문화 이원화 현상의 현재를 학문 분야별로 진단하고, 이로 인한 문제점들을 살펴보고자 한다. 더 나아가 그 문제점들을 해소하고 연구 생태계 개선을 위한 제도와 정책을 제안한다.



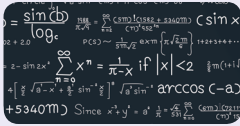
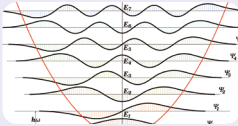
2024. 4.
한국과학기술한림원

01

이론-실험연구와 연구문화 이원화

연구자의 '연구' 행위는 이론을 토대로 연구하는 '이론연구'와 실험을 통해 연구하는 '실험연구'로 나눌 수 있으며, 이러한 연구 행위는 과학적 진리를 찾기 위한 상호 보완적인 관계임은 주지의 사실이다.

학문별 이론연구와 실험연구는 다양한 모습으로 나타난다. 오늘날에는 이론연구와 실험연구의 조화를 통한 공동연구가 더욱 중요해 지고 있다. 실제로 이론과 실험이 적절히 조화된 연구는 보다 독창적인 결과들을 만들어 내고 있으며, 인류를 위해 한층 더 진보된 연구결과를 만들어 낼 것으로 기대되고 있다.

	 이론연구	 중간연구	 실험(관찰)연구
수학	엄밀한 논리전개·증명을 이용한 연구	이론연구와 컴퓨터 계산을 이용한 융합적 방법의 연구	컴퓨터 계산·시뮬레이션을 이용한 연구
물리학	수학적 방법을 이용한 모델 연구	수치적 전산 모사, 제1원리 계산 연구	실험 설계 및 측정을 바탕으로 한 연구
신소재공학	소재, 제조공정, 특성예측	소재-공정-특성 상관관계 이해를 바탕으로 한 신소재 개발	소재 제조·합성, 소재 원소·구조 분석, 물리적·기계적·전기적 특성 평가
생명과학	진화론, 유전법칙, 유전학 이론	유전자·단백질 네트워크 모델링	분자·세포·동물 실험, 약물 반응 실험

반면, 이론연구와 실험연구, 각 영역이 연구자에게 요구하는 역량 등의 측면에서 상이한 부분들이 존재하다 보니 연구자들이 이론연구나 실험연구에만 치중하는 편향된 연구를 수행하거나 이론연구자와 실험연구자간 소통에 어려움을 느끼고 서로를 이해하지 못하는 현상이 발생한다. 또한, 연구자 개인의 능력과는 무관하게 눈에 보이지 않는 한계선을 만들고, 각 분야별 연구의 소통이 어려워져 필요한 연구가 이루어지지 않고 주어진 연구 환경에 최적화된 결과만 만들어 내는 문제가 야기된다. 이처럼 연구자의 연구행위가 '이론연구' 또는 '실험연구'로 양극화되거나, 각 분야간 연구자간에 괴리감이 생기는 현상을 '연구문화 이원화'라고 정의한다.

연구문화 이원화 현상은 학문에 따라 다양한 모습으로 나타난다. 수학, 물리학, 공학, 생명과학의 연구분야의 관점에서 이론연구와 실험연구가 차지하는 비중, 그리고 분야별 이론연구와 실험연구의 구체적인 모습은 다음과 같이 정리해볼 수 있다.

수학은 역사가 길고, 축적된 시간만큼 지금까지 해결되지 않은 난제가 무수히 쌓여있다. 그리고 연구자들은 이 난제들을 해결하기 위해 노력한다. 여러 난제 중 한 예로 ‘de Laval nozzle 문제’가 있다. 우주 발사체의 엔진 노즐 내부에서 발생하는 기체의 노즐 출구 압력에 따라 변하는 천음속 흐름의 구조적·역학적 안정성에 대한 이론을 수립하는 것이 ‘de Laval nozzle 문제’다. 이 문제를 연구하기 위해서 비선형 편미분방정식 이론을 사용한 이론연구, 컴퓨터를 이용한 과학계산 및 시뮬레이션, 그리고 근사방법을 사용한 연구 등 다양한 방법이 적용되었지만, 이론연구와 실험연구의 이원화로 인해 각 연구 방법에서 사용하는 유체 모델이 매우 다르고, 또한 ‘de Laval nozzle 흐름’의 물리 법칙에 대한 근본적 이해가 부재하여 이 문제의 궁극적 해결에 큰 어려움이 있다. 연구자들 간의 의사소통 개선이 필요한 이유다.

물리학 분야에서 이론과 실험의 공동연구가 더욱 중요해지고 있는데, 대표적인 사례로서 응집 물질 물리학 분야의 위상 물질 연구가 있다. 2004년 꿈의 신소재라 불리는 그래핀이 발견되고 나서 물리학자들은 그래핀의 독특한 물성의 근원을 이해하는 과정에서 양자 위상(quantum phase)의 질서가 중요함을 깨달았다. 수학을 바탕으로 한 이론 연구에서 새로운 위상적 양자 상태가 예측되면 그 양자 상태를 먼저 발견하기 위해 실험 물리학자들의 ‘골드러시’가 이어지는 형태로 연구가 진행되었다. 결과적으로 모델-계산-합성-특성 평가로 이어지는 공동연구가 일종의 성공 방정식으로 인식되어 유행하였고, 이론 예측으로부터 실험 검증에 이르는 주기도 아주 짧았다. 이러한 위상 물질 공동연구를 선도한 것은 주로 미국과 유럽의 연구팀이었는데 이론-실험, 다학제간 공동연구 추진에 있어 상대적으로 장벽이 낮은 개방적 연구 문화가 크게 작용한 것으로 본다.

신소재공학 분야에서 실험과학(실험연구)과 계산과학(이론연구)의 공동연구는 가장 중요한 연구 기술이다. 다양한 계산과학 기법을 적용하여 신소재의 안정성, 강도, 열전도도, 전기적 특성 등을 예측할 수 있고, 데이터 과학과 인공지능을 통해 대량의 실험 데이터와 계산 결과를 처리하고 분석할 수 있으며, 최근에는 기계학습 기술의 발전에 힘입어 소재의 합성 가능성이나 합성 경로를 탐색해보고자 하는 시도들이 이뤄지고 있다. 하지만, 이러한 공동연구에는 많은 한계와 현실적인 고충이 있다. 계산과학 결과가 포함된 논문이 더욱 주목받는다는 사실로 인해 실험연구를 진행하면서 “시뮬레이션 그림이 하나 있으면 좋겠다”는 요청을 하는 연구자들이 늘어나고 있다. 이러한 현상은 개발된 소재의 물성 발현 메커니즘을 이론적으로 설명할 수 있는 긍정적인 면이 있지만 출판된 논문의 질이 주요 목표가 된다는 측면에서 바람직하지 않다.

생명과학 발전의 역사는 곧 실험과 관찰의 역사다. 종의 다양성과 관찰할 수 없는 까마득한 과거의 일들을 하나로 묶어 관통하는 법칙을 발견하는 것은 어렵기에 순수 이론과 사고에 의한 법칙을 만들어내는 일이 드물다. 그러나 ‘데이터 기반(data-driven) 연구’의 등장 덕분에 데이터베이스, 기계학습, 네트워크 이론들이 생명과학 연구에 사용되고, 유전자 검사를 비롯한 정밀의료의 정확성과 신속성이 향상했다. 또한, 유전자 변이를 탐지하고 그 영향을 예측하는 기술, 암 조직 내에 있는 세포들을 분리하고 정량하는 기술, 최적의 약물을 도출하고 추천하는 기술들까지 컴퓨터 분석 및 과학계산이 차지하는 영역이 더욱 넓어지고 있다. 이렇게 물 한 방울 없이 계산기기만 있는 생물학 실험실을 드라이 랩(Dry lab)이라고 부른다. 드라이 랩의 등장은 생명과학 분야의 연구 모습을 극적으로 변화시켰지만 사회 제도의 변화속도와 연구 기술 변화속도에 차이가 생기면서 연구비 예산 집행 등의 문제점이 발생하고 있다.

연구문화 이원화 해소방안

- | | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 연구자의 업적
평가제도 개선 | 연구 기여도에 따른 평가 /
연구문화 선진화 토양 조성 | 유연한 협업
연구 모델 | 난제 해결을 위한
공동 연구지원 프로그램 | 유연한 연구예산
집행 제도 |

【연구자 업적평가 개선】 논문 수, impact factor의 총합, 피인용수, FWCI, H-index 등과 같은 수치화된 지표가 주가 되어 연구성과 평가가 이루어지고, 평가 점수를 다시 논문의 공동 저자 수로 나눈 점수로 연구성과를 평가하는 현재의 평가 시스템은 연구자가 전 생애주기에 걸쳐 새로운 연구 방법 및 공동연구에 대한 도전을 꺼리게 한다. 수치화된 평가 지표와 더불어 연구자가 제시한 대표 업적을 중심으로 동료 토론에 의한 정성 평가 방안의 마련이 필요하다. 이러한 평가 방식은 필요한 사회적 비용이 많이 들고, 객관적 기준 수립이 어렵다는 점이 있지만, 최고가 아닌 최선의 평가 방식으로 고려해 볼 필요가 있다. 이러한 시스템에 대한 신뢰가 축적되면 공동연구를 가로막는 칸막이도 자연스럽게 낮아질 수 있을 것이다.

【연구 기여도에 따른 평가/연구문화 선진화 토양 조성】 주요 저널을 중심으로 공동 주저자 개념이 확산하여, 공동연구에 대한 장벽을 일정 수준 낮추었으나, 단독 주저자 논문과 공동 주저자 논문에 대한 평가 방식에 대해서는 정교하고 균형감 있는 정책을 개발하기 위한 고민이 필요하다. 공동연구 수행 시, 연구 기여도에 대한 이해가 연구자별로 매우 달라서 이를 조율 할 수 있는 연구문화의 발전이 필요하다. 예를 들어 생명과학 분야에서 세포를 키워 약물 처리를 해보는 것은 하나의 공헌으로 인정하지만 데이터를 분석하여 후보 유전자를 발굴하는 일은 그냥 한번 해볼 수 있는 일로 인식되곤 한다. 서로 다른 분야의 연구가 어떻게 진행되고 어떠한 어려움이 존재하는지에 대하여 더 많은 소통이 필요하다. 그 밖에도 연구자들이 소통하며 함께 문제를 해결하는 소양을 기를 수 있도록 교육 체계를 개선할 필요가 있다.

【유연한 협업모델】 공동연구 과제를 선정할 때, 정형화된 협업 모델이 아닌 유연한 협업 모델을 도입함으로써 연구자의 자율성과 유연성을 존중해야 한다. 연구 과제 수행을 위한 연구 참여자 구성을 일정 비율로 고정하는 대신 연구자의 전문성을 신뢰하고, 그들이 자유롭게 참여자 구성을 할 수 있는 권한을 제공해야 한다.

【난제 해결 공동연구 지원프로그램】 분야별 난제를 공모하고 이와 관련된 기초지식과 기존의 연구 방법 및 결과에 대한 정보를 연구자들에게 개방하는 공유 네트워크를 구축하여 전문가들이 자유롭게 TF팀을 구성하고 공동연구를 수행할 수 있는 중장기 연구지원 프로그램 마련이 필요하다. 이와 더불어, 연구 기여도 평가와 연구 성과평가 시스템의 문제점으로 인해 난제 해결을 위한 초학제적 공동 연구를 꺼리지 않도록 혁신적인 연구 평가 시스템도 수반되어야 한다.

【유연한 연구예산 집행제도】 데이터와 과학계산에 바탕을 둔 연구가 활발해지고 있지만 여전히 대부분의 연구비 예산 집행이 전통적인 실험에 기반을 두고 있다. 연구자 수준에서는 그 인식이 빠르게 바뀌었다더라도 연구 과제나 연구비 예산 집행과 같은 제도적인 측면에서는 아직 이에 대한 충분한 대비가 되어 있지 않다는 것이다. 예를 들어, 현미경, 원심분리기, 대사 케이지 구매를 위해 연구비 예산 집행이 가능하지만 연구를 위해 필요한 대규모 서버와 개인용 컴퓨터는 범용장비라는 이유로 예산 집행이 허용되지 않거나 특별한 절차를 밟아야 한다. 또한, 서버나 슈퍼컴퓨터급의 대형 계산 장비가 필요한 경우들이 많은데 연구자들 사이에서 이러한 장비의 구매는 거의 불가능한 것으로 여겨지고 있다. 이를 대신하기 위하여 클라우드 컴퓨팅과 같은 계산 장비의 대여에 관한 예산 사용을 허용하는 경우가 늘어나고 있지만 여전히 집행을 위한 절차가 복잡하다. 이를 해결하기 위한 제도적 개선이 필요하다.

한국과학기술한림원은

대한민국 과학기술분야를 대표하는 석학단체로서 1994년 설립되었습니다.

1,300여 명의 과학기술분야 석학들이 한국과학기술한림원의 회원이며, 각 회원의 지식과 역량을 결집하여 과학기술 발전에 기여하고자 노력해오고 있습니다. 그 일환으로 기초과학 연구의 진흥기반 조성, 우수한 과학기술인의 발굴 및 활용 그리고 정책자문 관련 사업과 활동을 펼쳐오고 있습니다.

The Korean Academy
of Science and Technology

KAST



한림원의 목소리는,

과학기술분야 석학들인 한국과학기술한림원 회원들의 전문성과 식견을 바탕으로 국가적, 사회적 이슈에 대한 과학기술적 해결 방안과 정책적 대안 제시, 관련 법규 및 제도의 개선방향 제시 등을 위해 발간되고 있습니다.

한림원에 대해 더 자세한 내용 보기



 홈페이지



 유튜브



 포스트

KAST 한국과학기술한림원
The Korean Academy of Science and Technology

(13630) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42(구미동) 한국과학기술한림원회관

Tel. 031.726.7900 Fax. 031.726.7909

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로 우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.

