

과학기술 연구자들의 경험을 통해 살펴본 학제간 협업 -인식, 어려움 그리고 극복전략을 중심으로-

이준기¹, 황효정¹, 백수복¹, 신세인^{2*}
¹전북대학교, ²충북대학교

Interdisciplinary Collaboration in the Experiences of Science and Technology Researchers: Focusing on the Perceptions, Difficulties, and Overcoming Strategies

Jun-Ki Lee¹, Hyojeong Hwang¹, Su-Bok Baek¹, Sein Shin^{2*}
¹Jeonbuk National University, ²Chungbuk National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 February 2023

Received in revised form

28 March 2023

3 April 2023

Accepted 3 April 2023

Keywords:

convergence education,
interdisciplinary collaboration,
science and technology
researcher, incommensurability,
the efficacy of collaboration

ABSTRACT

This study identified the perceptions of science and technology researchers about interdisciplinary collaboration and the difficulties experienced in the collaboration process and the types of strategies they set up to overcome them. For this study, a questionnaire was developed with five-point Likert-scale questions that confirm attitudes toward interdisciplinary collaboration and qualitative questions that describe difficulties and strategies to overcome difficulties experienced in the collaboration experience. A total of 79 domestic science and technology researchers responded to the survey, and the collected data were analyzed quantitatively and qualitatively. As a result of the study, it was confirmed that the recognition of the efficacy of collaboration had an important influence on the intention of collaboration, but the level of the recognition of the efficacy of collaboration was relatively low. In addition, there were four types of difficulties in the interdisciplinary collaboration process, and seven types of strategies were identified to overcome these. Based on these findings, it was suggested that convergence education should reflect the pluralistic nature of modern science and the features of various collaborations that occur within it.

1. 서론

어떤 분야의 사람이 된다는 것은 하나의 사회화 과정이며, 집단 정체성을 획득하는 과정이다. 특정 학문 분야의 전문가가 되기 위하여 오랜 기간에 걸쳐 교육받는 과정은 점차 전형적인 ‘그 분야의 사람’을 형성시켜 간다(Kim, 2017; Kim & Sinatra, 2018; Vincent-Ruz & Schunn, 2018). 개인이 집단정체성을 얻는다는 것은 ‘나는 누구인가?’라는 질문에 대해 대답할 수 있게 되는 것일 수도 있지만, 다른 한편으로 ‘나는 누가 아닌가?’라는 다른 집단에 대한 배타적 기준을 학습해 가는 과정이기도 하다고 할 수 있다(Bochatay *et al.*, 2019). 따라서 저쪽 분야에서는 그것을 허용하는지 모르지만, 우리 분야에서는 절대로 허용할 수 없다든가 하는 암묵적 기준들을 몸에 익혀가는 과정에서 ‘이럴 땐 이렇게’라는 학문 분야 내의 가치지향을 이해하고 답습하게 되고, 이러한 반복 수련을 통하여 학문후속세대들은 결국 자신이 속한 분야와 시대에 걸맞은 과학적 자기(scientific self)를 만들어 가거나 혹은 자신을 과학자 주체(scientist-subject)로 동일시해나가는 과정이라고 볼 수 있다(Vincent-Ruz & Schunn, 2018). 과학철학자 Thomas Kuhn은 과학자들이 자신의 분야 속에서 패러다임에 입문하여 퍼즐 풀이를 하듯 하는 활동을 반복하면서 패러다임을 공고히 하고, 패러다임 속에 소속된 사람이 되어 간다고 하였다. 그러나 아쉽게

도 개별 학제의 패러다임 내에서 사고하는 각 분야의 전문가들은 각기 다른 저마디의 표준단위, 전문용어, 실험방법, 경험 등의 문화적 차이를 가지게 되므로 같은 기준으로 비교할 수도 없고 언어적으로도 불통 상태에 놓이게 되는 일명 통약불가능성(incommensurability) 혹은 공약불가능성이 발생하게 되고, 따라서 융합적 연구성과 창출은 어려움을 겪을 수밖에 없다(Jung, 2001; Kuhn, 1962). 이러한 근본적 어려움에도 불구하고 우리는 그 어느 때 보다 학제적 융합연구가 필요한 시대에 살고 있다. 이러한 필요성에 힘입어 융합연구에 관한 관심은 급증하고 있으며, 물리적으로 학제간 융복합 연구 혹은 초학제적 연구의 양은 갈수록 늘어가고 있으며 이제는 오히려 단일 학제적인 연구가 더 희소해져 가는 상황이다(Cho, Woo, & Choi, 2017; Collins *et al.*, 2007; Kim, 2012; Kim & Lee, 2018a; Lee, Lee, & Ha, 2013; Noh & Park, 2021).

코로나19로 인한 팬데믹 시대를 경험하게 되면서 우리 사회는 ‘변동성’(volatility), ‘불확실성’(uncertainty), ‘복잡성’(complexity) 그리고 ‘모호성’(ambiguity)이 더욱 심화되고 있다. ‘뷰카’(VUCA) 시대라는 신조어는 현시대의 단면을 잘 드러내 주고 있는 이 단어들의 앞글자를 따 생겨났다. 이 용어는 1987년 미국 육군에서 최초로 제시한 개념이자 군사용어였으나, 최근에는 다양한 분야에서 시대를 나타내는 상징 어휘로 자리 잡아 가고 있다(Dorner & Funke, 2017; Funke,

* 교신저자 : 신세인 (seinshin@chungbuk.ac.kr)

이 논문은 2017년 정부(교육부)와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017R1D1A1B03035881).

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.2.151>

2012; Lee, Shin, & Ha, 2018). 이러한 시대적 상황에서 더는 전통적인 하나의 학제의 지식이나 기술만으로는 VUCA 시대의 답문에 대응하기 어려워지는 것이 현실이다. 이에 다양한 사회문제 해결을 위한 학제간 융합연구의 필요성이 국내외적으로 강조되고, 실질적인 학제간 협업사례도 증가하기 시작하였다. 비단, 사회문제 해결을 위한 것들뿐 아니라 순수한 학문영역에서조차 사회, 경제, 환경적인 문제들의 다양성과 복잡성 증가와 함께 기존의 전통적인 학제의 지식이나 기술만으로는 해결하기 어려운 상황들을 속속 마주하게 되었다(Lee, Shin, & Ha, 2018, 2020). 또한 시대적 변화에 따라 맞닥뜨리게 된 이전까지 한 번도 고민해보지 못하던 다양한 아젠다나 딜레마들이 하나둘 수면 위로 드러나고 있는 실정이다. 그중 하나의 좋은 예로서 기후위기와 관련된 연구나 자율주행 자동차와 관련된 인공지능의 자율성 딜레마 연구 사례가 있다(Awad *et al.*, 2018; Kim, 2020; Lee, Shin, & Ha, 2018; Park *et al.*, 2020). 이러한 연구들은 자동차공학이나, 인공지능 또는 컴퓨터공학 혹은 윤리학만의만의 단독 학제적 판단으로는 해결할 수 없는 문제에 도전하고 있다. 이러한 상황에 답하려면 적어도 진화학, 윤리학, 뇌과학, 문화인류학, 자동차공학, 인공지능 및 컴퓨터공학 등의 여러 학제가 유기적으로 융합적 협업을 통해 서로 도울 때 최선의 해결책이 도출될 것이다.

우리나라의 경우, 개별 연구자들에 의한 자율적인 학제간 융합연구의 협업사례도 많지만, 2009년부터 한국연구재단의 ‘학제간 융합연구사업’이 생겨 제도적으로도 다양한 학제간 협업을 장려하고 있다. 한국연구재단의 학제간 융합연구는 2009년부터 2020년까지 1,557개의 과제가 수행될 만큼 활발히 진행되고 있으며, 연구예산 역시 2010년 이후로 계속해서 증액되고 있다(Kim & Lee, 2018a). 하지만, 서로 다른 학제적 전통 속에 놓인 전문가들의 협업은 여우와 두루미의 식사 또는 개와 고양이의 소통과 같이 열심히 해보려 할수록 서로를 힘들게만 할지도 모를 일이다. 실제로 서로 다른 분야들 사이의 융합적 연구가 실제로 진행되는 과정에서는 생각지 못했던 많은 어려움들이 도처에서 발견된다는 것을 여러 선행연구를 통해 확인해 볼 수 있다(Kim, Kim, & Lee, 2018; Kim & Lee, 2018b; Kim, Lee & Song, 2018). 그렇다면, 어디에서부터 실마리를 찾아야 할까? 다행스럽게도 과학의 역사를 살펴보면, 이처럼 전혀 다른 분야의 사람들이 만나 융합을 이룬 사례들이 종종 발견되고 있다.

과학사학자 Peter Galison은 이점에 주목하여 ‘교역지대(trading zone)’라는 개념을 융합적인 과학기술 연구에 대해 제안한 바 있다(Galison, 1997). 이 개념은 본래 인류학 분야에서 실크로드 같은 문화간 교역사와 관련된 설명 과정에서 등장하던 개념이다. 그는 Thomas Kuhn이 주장한 과학자들 간의 패러다임 충돌에 의한 의사소통 불가능 상태인 ‘통약불가능성’을 반증하기 위한 목적으로 이 개념을 차용하면서, 만약 Kuhn의 주장대로 개별 학문적 패러다임 간의 소통이 지극히 제한적이거나 혹은 Feyerabend의 주장대로 완전 불가능이라면 서로 다른 학제의 경계에서 형성된 융합 학문은 애초에 형성될 수 없다는 모순적 결론에 이르게 되었다(Galison, 1997; Lee, Lee, & Ha, 2013). 따라서 어떤 학문이나 지식이 반드시 교역지대를 거치면서 융합을 이루게 되며, 차후에는 나노과학처럼 점차 그들만의 독자적인 학문영역으로 독립하기도 할 수 있다는 것이다(Gorman, 2002; Gorman *et al.*, 2004). 그는 통일된 방법이나 원리가 없는 것이

학문을 허약하게 만들지 않으며, 다양한 이종 학문 간의 교류와 융합으로 마치 베니어판처럼 점점 강화된다고 주장하였다. 이 과정에서 Kuhn이 언급한 바와 같이 계수탈트적 전환이 이루어지는 것이 아니라 국소적 변화, 혼합, 팽창이라는 세 단계를 거쳐 점진적으로 융합 및 발달 된다고 하였다(Galison, 1997). 뿐만 아니라 미국의 과학기술 사회학자인 Star(1989, 2010) 역시 서로 다른 전문성을 지닌 집단들 사이의 협업을 연구했는데, 그 과정에서 중요한 역할을 하는 경계물(boundary object)이라는 개념을 제시하기도 하였다. 일부 선행연구들이 다양한 학제의 연구자들이 만났을 때 어려움을 느낌을 보고한 바 있다(Wong & Hodson, 2010). 하지만 실제로 학제간 협업을 경험해 본 과학기술연구자들이 어떤 어려움을 느끼고 이러한 어려움을 극복하기 위하여 그들 나름대로 형성한 교역지대는 어떻게 펼쳐지는지를 파악하기는 부족함이 있었다.

융합연구가 아닌 단일 학제 순수연구가 오히려 더 찾아보기 어려울 만큼 융합연구가 친숙해진 세상에서 학제간 융합연구 소양은 현장 과학자들뿐 아니라 학부 수준의 대학교육이나 중등 과학교육 수준에서도 그 중요성이 다시금 강조되고 있다(Oh & Sung, 2013; Shin *et al.*, 2014). 학제간 융합을 통해 자연현상이나 사회문제의 복잡성을 보다 통찰력 있게 이해하고 바라보는 것은 교육 패러다임이 특정 분과학문 중심주의에서 주제중심 융복합으로 이동하는 시기에 더욱 절실한 관점이라 할 수 있다(You, Marshall, & Delgado, 2017). 일례로, You, Marshall, & Delgado(2017)는 글로벌 탄소순환을 이해하는 과정에서 탄소에 대한 단위 학제 이상의 지식이 필요하지만, 오늘날의 과학교육은 특정 분과학문 기반의 교수학습을 지향해 왔기 때문에 관점의 변화가 요구된다고 주장한 바 있다. 이러한 교육 패러다임의 변화에 맞닥뜨려 중등 수준에서도 2022 개정 과학과 교육과정의 선택 과목 ‘융합과학탐구’와 같이 기존의 분과학 탐구와는 다른 학제간 융합을 경험하게 해주려는 노력이 이어지고 있으며, 학생들의 과제연구나 동아리 탐구 과정 등에서도, 융합적인 주제가 주목을 받고 있다(Lee, 2022; Song & Paik, 2020). 실제로 2022 개정 과학과 교육과정의 융합선택과목인 ‘융합과학탐구’에는 다음과 같은 성취기준과 성취기준해설을 명시적으로 제시하고 있기도 하다(Ministry of Education, 2022).

[12융탐03-02] 오늘날 인류가 직면한 식량이나 물 부족, 각종 자원의 고갈, 기후변화나 싱크홀 등과 같은 난제에 대해 융합과 학기술을 통한 간학문적 문제 해결 방안에 대해 토의하도록 한다. (12융탐03-02 성취기준 해설)

[12융탐01-01] 과학이 다양한 분야와 연계하여 인류 사회의 문제해결에 기여하였음을 이해하고, 융합적 탐구의 유용성을 느낄 수 있다.

물론 학생들은 지금 당장 연구를 수행해야 하는 현역 과학자의 위치는 아니다. 그렇지만, 이들 모두는 연구 윤리교육을 필수적으로 받는 등 과학을 수행하기 위해 현대 과학의 패러다임에서 필수적으로 강조되는 소양을 익힌다. 따라서 장차 학제간 협업을 통한 다양한 융합연구를 선도해 나갈 미래세대들에게 충분한 협업 소양을 길러주기 위하여 이와 관련된 교육이 이루어져야 할 필요가 있다. 하지만 실제로 서로 다른 학문 분야 혹은 실무분야 사이의 협업이 다자적으로 이루어지는 과정에서 어떤 일이 벌어지고, 각 개인은 어떤 생각과

감정을 느끼는지 알려진 바가 거의 없다. 더욱이 대부분의 융합에 관한 연구들은 연구과제 단위의 제도적인 성과분석이 많다 보니 학제 간 협업이 이루어지는 과정에서 개별 주체들의 지식이나 세계관·태도나 감정·구체적인 실천 방안 등에 대해 단계적으로 알기 어려운 측면이 있었다. 이 연구에서는 실제로 현재 활발하게 자신의 분야에서 연구 활동을 하는 다양한 과학기술분야 연구자 중 단순히 다른 분야와의 조우를 경험하는 것에만 그치지 않고 이를 적극적으로 극복하기 위해 저마다의 방안을 모색해 본 이들의 목소리를 담아내고자 하였다. 이를 통해 VUCA 시대에 강조되는 학제간 협업과정에서 발생할 수 있는 여러 가지 어려움을 극복하기 위한 현실적 방안들을 탐색하고 이에 관한 과학교육적 시사점을 모색해보고자 하였다.

그동안 많은 과학교육 연구들은 과학기술자들의 인식, 사고과정 및 다양한 실천에 대한 연구를 토대로 과학 진로로 나아갈 이들을 위한 고등교육이나 전문교육의 방향을 모색할 뿐만 아니라 학교 안 과학교육의 시사점을 도출하고자 노력해 왔다. 대표적으로 많은 선행 연구들은 과학 연구자들이 인식하는 과학의 다양한 모습, 즉 과학의 다양한 본성과 관련한 인식 및 경험을 탐색하며 학생들의 과학의 본성 교육의 시사점을 모색했다(Osborne *et al.*, 2003; Wong & Hodson, 2010; Fuselier, McFadden, & King, 2019). 특히 Wong & Hodson (2010)은 사회적 실천(social practices) 측면에서 나타나는 다양한 과학의 본성에 대한 과학자들의 인식을 탐색하며, 현대 과학기술자들은 협업 및 경쟁을 현대 과학에서 필수적인 요소로 인식하나 이와 관련한 여러 어려움을 느끼고 있음을 보고하였다. 이를 토대로 전통적인 과학 교육에서 다루어지는 혼자 연구문제에 대해 고심하는 과학자와는 구별되는 다양한 분야와 협력하고 동시에 경쟁하는 현대의 과학자의 모습을 교육할 필요가 있으며 이와 관련된 교육적 방안에 대해 제안하기도 했다.

이 연구에서는 자신의 전문 분야가 아닌 다른 분야와의 협업 과정에서 어떤 어려움을 겪게 되고 이러한 어려움을 어떻게 지혜롭게 극복할 수 있는지에 대한 현역 과학기술자들의 경험담을 탐색함으로써 학제간 협업에 대한 소양 교육에 대한 가이드라인의 실마리를 얻어보고자 하였다. 본격적으로 연구자들의 학제간 협업의 어려움 경험의 특성과 의미를 탐색하기에 앞서 이 연구에서는 과학기술자들의 학제간 협업에 대한 전반적 인식과 태도를 조망하고자 하였다. 특히 학제간 협업에 대한 어려움뿐만 아니라 협업의 중요성, 효능감, 수행 의도를 조사함으로써 전반적인 과학기술자들의 학제간 협업 특성을 파악하고자 했다. 자신의 분야와는 이질적인 분야에 속하는 사람과의 상호작용 및 협업은 그 누구에게도 낯설고 도전적인 작업이다. 이는 과학기술자들에게도 크게 다르지 않을 것이다. 그렇다면 이들은 어떻게 학제간 협업을 지속적으로 시도할 수 있을까? 최근 여러 사회과학 분야에서 인간 행동의 동기(motivation)를 설명하는 이론 중 주된 관점 중 하나는 사회인지적 이론(social-cognitive theory)에 따르면, 인간 행동의 동기는 개인이 속한 환경적 요소 속 사회적 상호작용을 비롯해 개인 내면의 인지적 요소와 밀접하게 연관된다(Bandura, 1986; 2001). 특히 여러 인지적 요인 중에서도 특정 행동에 대한 자아 효능감(self-efficacy)과 해당 행동의 기대효과에 대한 인식(outcome expectancy), 즉 해당 행동이 지니는 중요성에 대한 인식은 새로운 혁신적인 행동이나 학습행동처럼 인지적 부하나 시간적, 비용적 투자가 필요한 행동을 시도하고 지속하는 동기의 주요 요인으로 작용한다

고 알려져 왔다(Bandura, 1977; Wigfield & Eccles, 2000; Palmer, 2005; Ng & Lucianetti, 2016; Schunk & Usher, 2012). 이와 같은 선행연구를 토대로할 때 이 연구에서는 학제 간 협업이라는 행위를 수행하는 과정에서 영향을 미치는 주요한 인지적 요소로서 협업에 대한 어려움 인식, 중요성 인식, 자아효능감이라는 세 가지 구인을 기반으로 과학기술 연구자들의 학제간 협업에 대한 의도와와의 관계를 탐색해보기로 했다. 전반적인 과학기술자들의 학제간 협업 인식 및 태도를 파악한 이후에는 구체적으로 과학기술 연구자마다 개인적으로 다채롭게 경험한 학제간 협업의 양상을 탐색하고자 하였다. 특히 이 과정에서 이들은 어떻게 서로 다른 학제 간 협업의 어려움을 극복하고자 했는지 파악하고자 하였다. 이와 같은 두 단계의 연구 설계를 통해, 과학기술 연구자들의 학제간 협업에 대한 경험의 공통성과 다양성을 다면적으로 파악하였다.

이 연구의 연구문제를 정리해 보면 다음과 같다.

첫째, 과학기술 연구자들의 학제간 협업에 대한 인식은 전반적으로 어떠한 특성을 나타내는가?

둘째, 과학기술 연구자들이 학제간 협업 과정에서 경험한 어려움의 유형은 어떠한가?

셋째, 과학기술 연구자들이 학제간 협업에 대한 어려움 극복전략은 어떠한가?

II. 연구방법

1. 연구참여자

이 연구에는 국내 과학기술 연구자 79명이 참여하였다. 성별에 따라서는 남성이 49명, 여성이 28명이었으며, 2명은 해당 질문에는 응답하지 않았다. 최종학위에 따라서는 학사급이 26명, 석사급이 26명, 박사급이 26명이었으며 1명은 해당 질문에는 응답하지 않았다. 전체 연령은 평균 32.9세이며, 최소 23세에서 최대 59세이었고 표준편차는 9.34이다. 전공은 물리, 화학, 생물, 지구과학, 공학 등 매우 다양하였는데 연구의 성격에 따라 기초과학을 연구 중인 학자가 53명, 응용과학을 연구 중인 학자가 25명이었으며 1명은 이 질문에는 응답하지 않았다. 이 연구는 연구자 중 1인의 소속기관 내에 설치된 생명윤리심의위원회(institutional review board, IRB)의 연구계획 사전심의를 거쳐 승인을 얻은 후 실시되었다(승인번호 JBNU 2019-03-012-001). 또한, 모든 연구참여자의 연구 참여는 연구내용에 관한 사전 안내 후 자발적 동의를 표한 때에만 이루어졌다.

2. 자료수집

이 연구는 과학기술자들의 협업에 대한 태도와 경험을 다차원적으로 이해하기 위해 양적연구와 질적연구를 혼합하는 혼합연구 방법(mixed method)을 사용하였다. 먼저 양적연구에서는 과학기술자들의 협업에 대한 태도의 전반적 특성을 파악하고자 했으며, 구체적으로 학제간 협업의 중요성 및 어려움 인식과 효능감, 협업의 의도를 중심으로 파악하고자 했다. 이를 위해 5점 리커트 척도로 이루어진 총 25개의 설문 문항을 개발하였다. 문항의 개발은 기존 과학교육 분야에서 이루어진 융합 및 STEM 분야 다학제적 협업에 관한 선행연구를

석을 토대로 이루어졌으며, 심리 검사 문항 개발 및 타당화 경험에 있는 과학교육 분야 연구자 4인의 반복적인 토의를 거쳐 최종적으로 문항을 선별하였다. 첫 번째 구인은 협업의 어려움 인식에 대한 것으로 “내 분야에서 사용되는 전문용어는 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.”와 같은 문항을 포함한 총 7개의 문항으로 측정하였다. 두 번째 구인은 협업의 효능감 인식에 대한 것으로 “나는 다른 분야와의 협업에 잘 참여할 것이라 자신한다.”와 같은 문항을 포함한 총 5개의 문항으로 측정하였다. 세 번째 구인은 협업의 중요성 인식에 대한 것으로 “다른 분야와의 협업은 사회의 발전에 중요하다.”와 같은 문항을 포함한 7개의 문항으로 측정하였다. 네 번째 구인은 협업의 의도에 대한 것으로 “나는 다른 분야와의 협업을 긍정적으로 생각한다.”와 같은 문항을 포함한 6개의 문항으로 측정하였다(부록 참조).

두 번째로 연구에 참여한 각 과학기술자별로 협업 경험에 대한 다양성과 고유성을 이해하기 위한 질적 분석을 시도하였다. 이를 위해 총 세 가지의 개방형 문항을 활용하여 각 과학기술 연구자들이 겪은 학제간 협업 경험은 무엇이며, 이들의 협업 중 겪은 어려움은 어떤 것이 있었고, 이를 해결하기 위한 노력은 무엇이었는지 자유롭게 쓰도록 하였다. 자료수집은 2019년 4월부터 2020년 11월까지 이루어졌으며, 수집된 모든 응답은 그대로 전산화되어 추후 분석에 활용되었다.

3. 자료 분석

먼저 양적 분석을 위해서는 크게 세 가지 단계로 이루어졌다. 첫 번째, 본격적인 분석에 앞서 수집된 자료의 신뢰도와 타당도를 파악하기 위한 분석을 수행하였다. 이를 위해 문항반응이론(Item-Response Theory)에 기반하여 문항적합도를 확인하였으며, 각 구인 별 내적 일관성을 파악하기 위하여 크론바흐 알파값을 확인하였다. 분석 결과 25개 문항 중 22개의 문항은 MSNQ 값이 1.4이하로 모두 타당한 문항으로 판단되었다. 그러나 협업의 어려움 인식에서 한 문항 ‘내 분야의 주요 가치관은 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.’, 효능감에서 한 문항 ‘나는 다른 분야와의 협업에서 필요한 능력들을 갖추고 있다고 생각한다.’, 협업의 의도에서 한 문항 ‘나는 다른 분야와의 협업을 긍정적으로 생각한다’는 MNSQ 값이 1.4 이상으로 각 구인을 측정하는 데 있어 타당한 문항 반응 유발에 문제가 있는 것으로 판단되었다. 따라서 3문항을 제외한 총 22개의 문항을 활용하여 추후 분석에 활용하였다. 최종적으로 각 구인을 측정하는 23개의 문항이 참여자의 심리적 태도를 구별하는 데 적합한지 나타내는 지표인 person reliability는 난이도 0.88, 효능감 0.80, 중요성 0.88, 의도 0.84로 모두 적합한 수준이었다. 또한 문항 반응의 내적 일관성을 의미하는 크론바흐 알파 값은 난이도 0.89, 효능감 0.93, 중요성 0.91, 의도 0.90으로 나타났다. 이후 문항의 난이도와 참여자들의 반응에 근거하여 산출된 logit값인 person measure값을 토대로 추후 분석을 수행하였다.

둘째, 각 구인별로 참여자들의 전반적 수준을 파악하고자 평균 및 표준오차를 비교하는 기술통계 분석을 수행하였다. 셋째, 각 구인 간 관계를 파악하기 위해 상관관계 분석과 회귀분석을 수행하였다. 특히 이 연구에서는 과학기술 연구자들의 학제간 협업의 의도를 종속변수로 두고, 성별, 학위, 협업 경험 등의 변수와 학제간 협업의 어려움,

효능감, 중요성 인식을 독립변수로 설정하여 그 관계를 파악하고자 했다. 이후 종속변수와 유의미하게 관계가 있다고 파악되는 일부 변수들의 관계를 보다 자세히 파악하기 위해 회귀해석분석을 추가로 진행하였다. 구인의 매개성이 있다고 나타난 경우 매개성의 통계적 유의미함을 검증하기 위한 Sobel test를 수행하였다.

두 번째로 연구참여자들의 응답들로부터 수집된 질적자료들의 분석에는 반복적 비교 분석 방법이 사용되었다. 먼저 수집 후 전사된 질적자료들을 연구자들이 차례로 읽으면서 특징적 요소를 찾아내는 개방코딩을 실시하였다. 이후 이루어진 범주화는 그 결과를 토대로 진행하였으며 이 과정에서 공통점들을 파악하면서 수차례 자료들을 엮어나가며 귀납적으로 드러나는 의미를 재차 파악해 나갔다. 분석의 과정에서는 과학교육전문가 2인과 박사과정생 2인의 지속적인 논의 과정을 거쳐 도출된 범주에 대한 타당성을 제고하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 과학기술 연구자들의 학제간 협업에 대한 태도

가. 기술통계 분석결과

연구에 참여한 과학기술 연구자들의 응답을 문항반응이론에 기반해 산출한 로짓값인 Rasch person measure값의 평균을 살펴보았다. 협업의 어려움 인식은 평균 0.50 (표준오차 0.32), 협업의 효능감은 평균 0.17 (표준오차 0.77), 협업의 중요성 인식은 평균 1.69 (표준오차 0.38), 협업의 의도는 1.41 (표준오차 0.39)로 나타났다. 이를 통해 과학기술 연구자들은 협업의 중요성과 의도는 다소 높은 수준이나 상대적으로 협업의 효능감 인식은 낮음을 알 수 있었다. 그러나 협업의 효능감의 높은 표준오차를 고려했을 때, 협업의 효능감의 경우 표본 내 변동이 크음을 확인할 수 있었다. 이는 연구참여자 중 협업의 효능감이 다소 높은 학자들로부터 크게 낮은 학자들까지 다양하게 분포하고 있음을 의미한다.

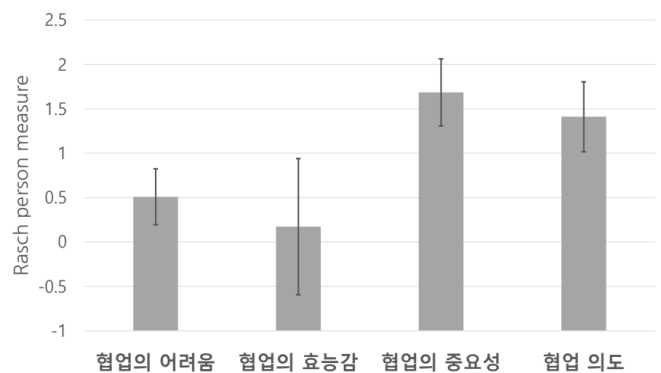


Figure 1. The average of science and technology researchers' perceptions of interdisciplinary collaboration

나. 협업에 대한 태도 구인 간 관계

네 가지 구인의 상관관계 분석 결과 협업의 의도는 협업의 효능감 및 중요성과 높은 수준의 상관도를 나타내었다. 한편 협업의 어려움

Table 1. The correlation of science and technology researchers' perception of difficulties in interdisciplinary collaboration

	협업의 효능감	협업의 중요성	협업의 의도
협업의 어려움	.142	.345**	.194
협업의 효능감		.645**	.824**
협업의 중요성			.712**

인식은 협업의 효능감 및 의도와는 유의미한 상관관계가 없었으나, 협업의 중요성과 유의미한 상관관계를 나타내었다(Table 1).

한편 협업의 의도를 종속변수로 설정하고, 협업의 의도가 협업의 어려움, 효능감, 중요성 인식 변수와의 관계를 확인하기 위하여 회귀 분석을 수행하였다. 먼저 각 변수의 다중공선성을 확인한 결과 변수 사이의 분산팽창계수(VIF)는 모두 10 이하의 값인 1.149~1.929로 나타나 다중공선성 문제가 없는 것을 확인하였다. 이때 독립변수로서 협업의 어려움, 효능감, 중요성 인식뿐만 아니라 성별, 나이, 학위, 협업경험 유무를 함께 포함한 연구모형을 설정하여 회귀분석을 수행하였다. 그 결과 상관관계 분석 결과와 마찬가지로 협업의 효능감과 중요성 인식이 협업의 의도에 유의미한 영향($p < 0.00$)을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 한편 그 영향력은 다소 차이가 있었는데, 협업의 중요성의 표준화계수 β 값은 0.316이었으며, 협업의 효능감은 표준화계수 β 값이 0.642로 나타나, 협업의 효능감 인식은 협업의 중요성에 비해 협업의 의도에 대하여 두 배 높은 영향력을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한, 성별 또한 유의미한 수준($p < 0.05$)에서 협업의 의도를 설명하는 변수임을 확인하였는데, 여성일수록 협업의 의도가 낮은 것으로 나타났다.

한편 효능감이 협업의 중요성 인식과 협업의 의도를 매개하는지 검증하기 위해 매개회귀분석을 수행한 결과는 다음과 같다. 독립변수 협업의 중요성과 종속변수 협업의 의도 사이의 회귀 값은 $\beta=0.712$, $p<0.001$ 로 나타났다. 그러나 이 모형에서 매개변수 협업의 효능감을

포함할 경우 $\beta=0.316$, $p<0.001$ 로 크게 감소하여 협업의 효능감은 독립 변수 협업의 중요성 인식과 종속변수 협업의 의도에 부분 매개 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

협업의 중요성 → 협업의 효능감 → 협업의 의도로 이어지는 매개 효과의 유의성을 검증하기 위해 Sobel test를 수행한 결과 Z는 8.021이며 $p<0.001$ 로 유의미한 매개효과를 나타내고 있음을 확인하였다. 이와 같은 결과는 과학기술 연구자들의 협업의 중요성에 대한 인식에서 협업의 의도로 이어지기 위해서는 협업의 효능감 향상이 중요한 역할을 한다는 것을 의미한다.

2. 과학기술 연구자들이 학제간 협업 과정에서 경험한 어려움의 유형

과학기술 연구자들의 학제간 협업 경험 속에서 드러난 어려움 유형은 다음과 같이 정리되었다. 연구참여자들이 개방형 질문에 응답한 텍스트들을 바탕으로 귀납적으로 분석이 이루어졌고, 이를 바탕으로 과학 기술연구자들이 겪어나가고 있는 학제간 협업 과정에서의 어려움의 유형의 범주를 도출하였는데, ‘가치지향의 상충에 따른 어려움’, ‘사고방식의 차이에 따른 어려움’, ‘용어나 개념의 차이에 따른 어려움’, ‘상대 분야에 대한 편견과 상호 몰이해에 따른 어려움’의 네 가지였다. 유형별로 구체적 응답에 따라 살펴보면 다음과 같다.

가. 가치지향의 상충에 따른 어려움

우선, 연구에 참여한 과학기술 연구자들이 표명한 어려움의 유형은 ‘가치지향의 상충에 따른 어려움’이었다. 비록 기계적으로 무언가 함께 수행하고 그 결과는 함께 도출할지 모르지만, 이면의 가치관이 다를 경우 협업은 어려워지게 된다. 이것은 실용주의적인 ‘어떻게’의 문제보다는 더 근원적인 ‘왜’의 문제에 해당하는 것으로, 연구 협업의 초기 단계에서는 쉽사리 인식하기 어려울 수도 있다. 의외로 상호

Table 2. The result of regression analysis of science and technology researchers' perception of difficulties in interdisciplinary collaboration

	비표준화계수		표준화계수	t	유의확률(p)
	B	표준오차	β		
상수	1.520	1.924		0.790	0.432
협업의 어려움	0.015	0.090	0.011	0.164	0.870
협업의 효능감	0.551	0.068	0.642	8.104	0.000**
협업의 중요성	0.335	0.091	0.316	3.703	0.000**
성별	-1.153	0.489	-0.156	-2.359	0.021*
나이	-0.028	0.044	-0.070	-0.641	0.524
학위	0.254	0.310	0.085	0.821	0.415
협업경험 유무	0.661	0.547	0.088	1.208	0.231

$R^2=0.762$

Table 3. The results of mediator variable regression analysis of science and technology researchers' perception of difficulties in interdisciplinary collaboration

단계	독립변수	매개변수	β	SE	t	P
독립 → 매개	협업의 중요성	협업의 효능감	0.645	0.177	7.408	0.000
독립 → 종속	협업의 중요성	협업의 의도	0.712	0.083	8.910	0.000
독립, 매개 → 종속	협업의 중요성	협업의 의도	0.310	0.081	4.011	0.000

간에 서로의 차이를 인식하지 못하고 단지 성과 도출에만 집중하면서 학제간 협업은 어려움을 겪게 되는 것으로 드러났다.

연구 결과에 대한 가치관은 종종 다를 때가 있다. [연구참여자 WG의 응답]
서로 중요한 게 달라서 이해하고 이해받는 것이 어려웠다. [연구참여자 SJ의 응답]

가치관 혹은 중요도 순위가 달라 마찰이 많이 일어나는 것을 보았음 [연구참여자 MY의 응답]

‘융합인재 교육 교재’ 개발 시 과학적 엄밀성과 가르치기 위한 방법이 서로 상충되는 경험에 있음 (예: 보통 따뜻한 공기가 상승하면 저기압이 발생한다고 가르치고 있지만, 저기압은 수평적 공기의 발생에 의해 생성되어 공기의 상승을 유도함) [연구참여자 NH의 응답]

연구참여자 NH는 기후시스템의 여러 상호작용과 영향을 연구하는 대기과학자로 기후 모델 업그레이드 시 컴퓨터과학자와 협업해 본 경험이 있다고 하였다. 지구과학의 한 분야인 대기과학 분야 특성상 슈퍼컴퓨터를 활용한 시뮬레이션과 모델링은 일상적인 연구 과정이므로 컴퓨터나 수학 계통과의 협업 진행은 낯설거나 생소한 일은 아니라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 접촉에서 같은 방법과 도구를 사용하는 두 과학자라는 경계물을 통하여 비교적 편안하게 협업이 진행될 수 있었다(Galison, 1997; Star, 1989, 2010). 그러나 NH는 이 경험 이외에도 지구과학교육 전공자와 융합인재 교육(STEAM) 교재를 개발하는 과정에 참여해 본 경험을 제시하였고, 이 만남은 자신에게 매우 괴로운 협업 경험이었음을 토로하였다. NH가 느낀 가장 큰 답답함은 가치지향의 충돌 혹은 불일치였는데, 결국 과학의 객관적 엄밀성과 진리를 추구하는 절대론적이고 실증주의적 관점과 과학의 잠정성과 합의성을 중시하는 상대론적 관점의 충돌이었다(Lee, 2022). 뿐만 아니라 과학적 정확성과 교수학습적 효용성 혹은 용이성이라는 측면에서의 가치 우선순위의 갈등은 과학자와 과학교육학자(혹은 과학교사) 사이의 갈등을 불러일으킬 수 있다. 연구자마다 자신이 교육받고 몸담은 학제의 패러다임에 따라 그 학제가 지향하는 가치의 우선순위는 각자 다를 수 있다. 이러한 차이에 대해서 대기과학자 NH의 사례 이외에도 WG, SJ, MY 역시 공히 언급하고 있는 모습을 살필 수 있다.

예를 들어 양자역학적인 효과를 이용한 새로운 방식의 응용기술(기후) 개발 연구 사례의 경우 물리학자들은 원천기술의 개발을 중요시하는 반면, 공학자들의 경우 소형화 등을 중요시하는 경우가 있었음. [연구참여자 YA의 응답]

다른 분야(재료공학)에서 일하는 공학자들의 시각에 대한 중요성 인식 차이로 협업의 추진력 부족 현실 자각함 [연구참여자 TW의 응답]

연구 진행 방향이 다름. 신경 생물학은 원리 추구, 기계공학은 개선, 개발 추구 [연구참여자 SY의 응답]

물리학자인 YA의 사례는 과학사에서 흔히 발견되는 일화이다. Park(2015)은 1930년대 미국물리협회(AIP; American Institute of Physics)에서 순수물리학자들과 응용물리학자들 사이에 벌어진 갈등이 있었음을 조명한 바 있다. 이러한 두 집단 사이의 갈등은 “상업화된 과학에 대한 열광”과 “순수 과학 연구 장려”가 혼재된 채 대공황이라는 시대적 맥락을 만나면서 맞닥뜨린 물리학회계의 위기로 설명되고 있다. 더욱이 분화압력이 강해지고 있던 시절, 물리학 세부 분과의

전문화는 상호 소통이 어려운 학문간 벽을 만들어 가고 있었기에 소통의 대안으로 “학회들의 학회”라는 독특한 형태의 AIP가 구성되었지만 AIP 내부에서도 순수와 응용의 갈등의 골은 해소하지 못했다는 것이다. 한편, 본능 회로의 복잡성에 관해 연구 중이라고 한 연구참여자 SY는 기계과와 협업해 신경 원리를 이용한 기계 장비 개발하는 과정에서 다른 분야와의 협업을 경험했다고 하였다. 이 과정에서 SY는 두 학제간의 연구 진행 방향이 완전히 다른 것에 당황하게 되었는데, 자신이 전공한 신경생물학은 근본적인 원리를 추구하는 방향을, 기계공학은 개선이나 개발을 추구하는 것을 최우선 가치로 한다는 것이었다. 이러한 연구 진행 방향의 차이는 두 분야가 추구하는 학제적 가치지향이 다르기 때문이며 자신의 분야 내에서만 훈련된 과학기술자로서는 접하기 어려운 부분이다.

나. 사고방식의 차이에 따른 어려움

과학기술 연구자들의 융합연구를 위한 협업 경험 속에서 드러난 어려움 유형 중에는 ‘사고방식의 차이에 따른 어려움’도 있었다. 이는 연구 방법이나 해석을 위한 이론적 가정 등의 차이로 인해 발생하는 어려움이라고 할 수 있다.

초기 조건의 확률적 해석에 있어 동의하기 어려운 부분이 있었음 [연구참여자 MW의 응답]

연구참여자 MW는 우주의 초기 조건과 가속 팽창에 관한 연구에서 양자 중력 관련 연구자와 협업 경험이 있다고 언급하였다. 특히 이 가정에서보다 세부적으로 우주 진화의 초기 조건이 어떻게 형성될 수 있는지를 탐색하는 것이 해당 연구의 핵심적인 부분이었다. MW는 우주론 분야를 연구하는 과학자로 우주론은 고에너지 물리학 이론들을 활용하여 우주의 현재 상태와 진화 과정을 이해하고자 하는 학문 분야이다. MW는 이 과정에서 협업 상대였던 다른 분야 학자가 제시한 우주 초기 조건의 확률적 해석을 동의하기 어려워 연구를 함께 진행해 나가는 데 어려움과 곤란함을 느끼게 되었다. 다른 분야의 시선에서 바라보면, 사뭇 비슷해 보이는 물리학자들끼리의 만남이었지만 물리학 내의 세부 전공이 두 분야 사이의 이 협업은 쉽지 않았던 기억으로 MW에게 남아있게 되었다.

협업연구에서 가장 어려움을 겪었던 것은 ○○광물을 바라보는 미시적 과 거시적인 관점이었다. 계산화학을 담당했던 본인은 연구를 수행할 때 원자 수준에서 물질의 물성을 계산하였으나, 실제로 실험을 통해 기후 등을 예측하는 분야에서는 계산된 시스템이 비교적 간단화되어 있기 때문에 이를 거시적 관점에서 적용하기에 어려운 점이 있었다. [연구참여자 AR의 응답]

연구참여자 AR은 계산화학을 이용한 광물의 열역학적 특성을 연구하는 과학기술자로 동일한 대상인 특정 광물일지라도 나오는 완전히 다른 관점으로 바라보는 상대 분야 학자의 관점으로 인해 곤란했던 경험을 토로하고 있다. 미량원소를 함유한 특정 광물을 다루는 연구에서 계산화학을 사용하여 이들의 물리화학적 특성을 계산하는 역할을 맡았으며, 함께 협업한 다른 분야는 특정 광물을 이용하여 고기후(paleoclimate)를 예측하는 연구를 수행하였다. 예를 들어 원자

수준의 미시적 수준으로 계산을 수행해 온 자신의 관점과 그것이 막상 고기후를 예측 시스템은 거시적 수준으로 단순화된 시스템이어서 둘 사이의 분석 수준과 관점이 일치하지 않아 쉽사리 해석상의 접점을 만들기 어려웠음을 언급하고 있다.

연구 데이터 취득 방법에 차이가 있으며, 이학 기초 과학자들은 최대한 정밀도를 요구하는 데이터 측정을 선호하는데, 응용 및 상품 개발의 공학자들은 오차범위 내에서 개략적인 데이터들을 다소 선호하는 경향이 있음. [연구참여자 PS의 응답]

사회과학적인 연구 방법과 자연과학적 연구 방법의 상이한 부분 [연구참여자 HK의 응답]

우리는 용액 상태에서 실험을 해야 하는데 고체 상태에서의 측정을 요구 [연구참여자 CH의 응답]

연구참여자 PS는 고체 물질의 구조 및 물성 변화에 관해 연구하는 과학기술자이다. PS는 과거 기초 실험을 통해 얻은 재료들을 이용한 응용제품 개발 및 상품화 연구를 경험한 바 있으며, 이 과정에서 다른 분야와의 마주침을 겪게 된다. PS에게 가장 충격적으로 다가왔던 것은 정밀성의 판단기준이나 측정의 진행방식에서 기초과학자와 공학자의 관점 차이였다. 공학 분야에 대한 이해가 없던 시절 PS의 눈에 그들의 측정이나 데이터 처리 방식은 너무 위험해 보였으며, 대충대충 처리하는 듯 보일 수밖에 없었다. 한편 이런 문제는 또 다른 연구참여자 HK의 협업 과정에서도 드러났다. 지질 유산의 보존, 활용, 관리를 연구하는 HK는 자신과 전혀 다른 분야인 관광학 분야 전문가와의 협업 과정에서 상당한 어려움과 마주하게 됨을 토로하였다. 이러한 어려움의 근본적인 원인은 아마도 자연과학과 사회과학의 근본적인 연구 방법 차이 때문일 것으로 HK는 짐작하고 있다. 그런가 하면, 센서에 관해 연구하는 과학기술자인 CH도 타 분야와의 마주침을 경험했는데, 자신들이 하는 것은 응용 측면인 데 반해, 상대방의 관점은 이론적인 측면의 것을 중점으로 하는 데서 관점의 불일치와 어려움이 생긴다고 하였다. 즉, 같은 측정을 완전히 반대되는 관점에서 하려고 들게 되는 것이다. 이러한 부분은 기초과학자로서 공학자를 만나 진땀을 뺐던 연구참여자 PS의 경우와 반대 상황에 해당한다.

생물학 분야에서는 결과의 여러 가지 해석의 가능성을 열어두고, 그 가능성 중에 가장 높은 것을 선택하여 결론을 짓습니다. 하지만 항상 다른 가능성은 배제하지 않는다면 공학자 대부분은 '예 또는 아니오'식의 간단하게 답하기를 더 익숙해하고 선호하는 것 같습니다. [연구참여자 MK의 응답]

연구분야에 따라 결과의 해석과 의미 부여가 달랐다. 처음엔 이해되지 않는 부분들이 많았다. [연구참여자 JN의 응답]

생물학과 (본인)교수님은 결과의 해석을 무조건 생물학적인 의미가 있도록 해석하려고 노력하고, 물리학과는 수학적으로 해석만 내놓아서 둘 간의 공통적인 합의를 통해 도출된 결론을 얻기 어려웠다. [연구참여자 JW의 응답]

연구참여자 MK는 지구환경과 미생물의 상호작용을 연구하기 위해 지질학자와의 협업을 경험한 바 있다. 이 과정에서 MK는 다른 분야 연구팀들이 추론이나 사고를 해나가는 방식이나 해석 논리를 이해하기 어려워 곤란을 겪었다. 또 다른 사례는 연구참여자 JN의 경우인데, 동물의 사망 원인균 분석을 위해 수의학자와 학제간 협업을

을 하면서 비슷한 경험을 한 것을 토로하였다. 연구참여자 JW의 경우는 꿀벌의 봉독 안에 있는 특정 물질의 물리적 특성 분석을 위해 물리학과 연구팀과의 학제간 협업을 경험한 바 있다. 이 과정에서 소위 '유의미함(significance)'을 대하는 사고방식의 차이를 경험한다. JW의 경우에서 나타나는 차이는 단순히 '유의미함(significance)'이라는 용어의 의미해석 차이에 불과한 것이 아니라, 연구 과정에서 접근방법이나 해석 프레임과 같은 사고방식의 근본적 차이에 기인한 것이었기 때문에 쉽사리 합의점에 도달하기 어려웠음을 발견할 수 있다.

일반적으로 연구자들은 연구 과정에서 무의식중에 자신의 학제가 가정하고 있는 표준적인 패러다임 공간 내에서의 해석행위에 국한된 해석을 하게 된다. 그뿐만 아니라 연구자들은 자신의 분야에 익숙한 사고방식 이외에도 다양한 유형의 사고 혹은 추론 스타일이 존재하며 상호 간에 대등한 위치에 있다는 다원주의적 관점의 생각을 하기가 어렵다. 따라서 이런 과정에서 설부른 학제간 협업의 시도는 자칫 어느 한 분야의 사고방식으로의 강제적인 '환원(reduction)' 시도로 전락해 버릴 수 있는 위험이 잠재된 것이다. 두 학제 이상이 만나는 접점에서 서로에게 공통으로 해당하는 해석을 할 공간이 없다는 점은 비환원적 융합이나 통섭과 관련된 협업을 어렵게 만드는 원인이 된다 (Ahn, 2012; Han, 2016; Kim, 2011). 결국, 각자의 학제만의 환원적 해석 공간이 아닌 각자를 인정하고 존중하는 다원주의적 해석틀이 필요하며(Chang, 2014; Park, 2015), 이를 위해 공유된 해석공간으로서의 제3 공간인 교역지대의 필요성을 발견할 수 있는 사례들이다.

다. 용어나 개념의 차이에 따른 어려움

다음으로 발견할 수 있었던 어려움 유형으로는 '용어나 개념의 차이에 따른 어려움'이 있었다. 이러한 차이에 대한 선행연구들을 살펴보면, Stephenson(2017)은 일상에서 흔히 접하는 'Energy'라는 용어에 대한 대응 개념의 구조가 학문 분야마다 너무도 달라 소통에 문제가 생길 수 있음을 지적한 바 있고, Rozin(2005) 역시 'Natural'이라는 용어가 만드는 다양한 의미 차이에 대해 보고한 바 있다.

서로가 사용하는 전문용어가 달라서 의사소통하기 어려움. [연구참여자 SS의 응답]

다른 상대방의 전문용어를 배우려고 했으나 한계가 있어요 [연구참여자 WY의 응답]

서로 하지 않는 일어서서 실험 설명시 용어의 차이가 있었음 [연구참여자 TH의 응답]

각자의 전문 분야 내에서 나온 데이터 해석이 학문간 자주 사용하는 전문용어의 차이로 인하여 다를 수 있습니다. [연구참여자 CG의 응답]

우리가 하는 '측정'(응용적 측면)과 다른 의미와 관점에서의 다른 '측정'(이론적 측면) [연구참여자 KS의 응답]

의사소통이 정확하게 이루어지려면, 같은 대상에 대해서 서로가 같은 의미로 말하고 있다는 전제가 있어야 한다. 그뿐만 아니라 서로가 사용하는 용어나 개념에 대해서도 상호 간에 의미 파악이 어렵지 않아야 한다. 예를 들어 누군가는 두문자어(頭文字語) 'CNS'를 중추신경계(central nervous system)의 약자로, 또 다른 누군가는 유명 국제 학술지인 Cell, Nature, Science의 약자로 받아들인다면 대화는 이루어지기 어려울 것이다(Seo & Oh, 2014). 또 다른 예로 '유의미하다'

라는 말에 대해 전공에 따라서 생물학적 혹은 진화적으로 ‘의미 있다’라는 것과 통계적으로 ‘유의미하다’라는 것으로 나름의 방식으로 생각하기 때문에 오해가 생기기도 한다. 이와 유사한 사례로 연구참여자 KS가 제시한 ‘측정’이라는 개념에 대한 불일치가 있다. 연구참여자 KS는 센서 연구를 수행하는 과학기술 연구자로 ‘우리는 용액 상태에서 실험해야 하는데 고체 상태에서의 측정을 요구’했다면서 어려움을 경험하였다고 토로하고 있다. 과학기술 분야 뿐 아니라 일상에서도 널리 쓰이는 ‘측정’이라는 용어와 그 개념에 대해서 그동안은 자신의 학문 분야 패러다임 내에서의 개념 범위 내에서만 생각해 오다가 타 분야와의 조우(遭遇)를 통해 처음으로 해당 개념이 다르게도 활용될 수 있다는 것과 마주한 것이다.

라. 상대 분야에 대한 편견과 상호 몰이해에 따른 어려움

마지막으로 나타난 어려움 유형으로는 ‘상대 분야에 대한 편견과 상호 몰이해에 따른 어려움’이 있었다.

생물학자는 데이터 처리 및 분석의 기술적인 부분에 관하여 잘 모르고, 생물정보학자는 생물학 전반 및 실험과정 샘플준비에 대하여 모르는 경우가 많아 데이터 분석 및 취사 선택에 있어 의견교환이 많이 필요함 [연구참여자 PE의 응답]

어디까지 설명해야 하나 싶어 최대한 쉽게 준비해 갔는데 그 분야도 내 실험을 이해하지 못하고 나도 그 분야를 알지 못함. [연구참여자 DH의 응답]

협업 시 어려웠던 점은 기본 개념에 대한 이해도가 너무 떨어졌던 것입니다. 용어, 실험방법, 자료해석이 모두 낯선 상태에서 같은 목표를 이루어야 한다는 게 서로의 의사소통 시 문제를 일으켜 시간 낭비가 심했음 [연구참여자 KD의 응답]

생화학적 배경지식이 많이 필요해서 이해하는데 많은 공부야 필요합니다. [연구참여자 ET의 응답]

협업하는 과정에서 타 분야 전공자는 나의 분석 방법을 거의 이해하지 못함, 협업은 상대의 분석 결과를 무조건 신뢰한다는 조건에서 이루어져야 함. 따라서 최종결과에 오류가 있을 확률이 극도로 높아짐 [연구참여자 NC의 응답]

연구 과정에서 벌어지는 상대 분야에 대한 상호 몰이해는 단순히 대화가 안 되는 수준을 넘어서 연구가 중단되거나 잘못된 결과가 도출되는 등 협업이 유지되기 힘들게 만드는 요인 중 하나이다. 연구참여자 PE는 연구 과정에서 차세대 염기서열 분석(NGS, Next Generation Sequencing) 결과 분석을 위한 생물정보학자와의 협업을 경험하였으며, 특히 자신의 분야에서 방대한 데이터의 처리 및 분석을 위한 협업이 날로 증가하고 있다고 언급하였다. 얼핏 보기에 유사해 보이는 두 분야이지만, 그럼에도 불구하고 유사해 보이는 분야이지만 해당 전문 분야에 대해 실제로는 잘 알지 못하는 경우가 많아 어려웠음을 토로하고 있다. 그 외에도 연구에 참여한 과학기술 연구자들은 전혀 겪어 보지 못한 낯선 분야의 연구자들과 마주침을 경험하는 과정에서 자신이 생각보다 상대 분야와 소통할 준비가 되어있지 않다는 사실에 놀라는 모습을 보여주었다. 얼핏 생각할 때는 천체물리학자로서 역사학 전공자와 주요 역사서 속에 등장하는 흑점이나 서리의 기록 등을 통해 기후변화를 추적하고 분석하는 협업을 경험한 연구참여자 NC가 가장 낯선 학문 분야와 대면한 것처럼 보이지만,

실상 자신의 분야 안에서만 생활하면서 그 분야의 언어와 문화를 익히고 전문화하기에도 시간이 부족한 학문 후속세대들에게는 사실 앞서 설명한 생물학과 생물정보학(bioinformatics)조차도 멀고 생소하기는 매한가지일 수 있다.

3. 과학기술 연구자들이 학제간 협업에 대한 어려움 극복전략

연구에 참여한 과학기술 연구자들은 서로 다른 분야 사이의 협업 과정에서 많은 어려움을 경험했음을 확인해 볼 수 있었다. 하지만 이들은 단순히 어려움만을 경험한 것이 아니라 나름의 방식으로 이를 극복하고자 교역지대를 형성하려 노력해 왔으며, 이들이 제시한 방법들을 범주화해 본 결과 ‘협상과 타협을 통한 상호 양보’, ‘공통의 언어나 매개물의 설정과 유지’, ‘명확한 역할의 분담’, ‘지속적인 만남과 토의’, ‘용어의 의미조율과 모델과 가정에 대한 사전 규정’, ‘상대 분야에 대한 있는 그대로의 인정’, ‘타자에 대한 배려와 관심’로 정리되었다. 유형별로 구체적 응답에 따라 살펴보면 다음과 같다.

가. 협상과 타협을 통한 상호 양보

과학기술연구자들이 제시한 학제간 협업 과정에서의 어려움을 극복할 방안 중에는 ‘협상과 타협을 통한 상호 양보’가 있었다. 어쩌면 이는 비단 연구 협업에 해당하는 방안이 아닌 지극히 당연한 방안일지 모른다. 하지만 상호 양보는 막상 실천하려면 쉽지 않은 방안이다.

서로를 설득시키는 것은 엄청 어려우며, 적당한 수준에서 타협함 [연구참여자 NH의 응답]

다수의 회의를 통해 과제 진행 중 실험 방향의 수정과 가설 변경을 이끌어내어 올바른 협업을 이룰 수 있었습니다. [연구참여자 BT의 응답]

여러 가지 조건들을 생각해보고 몇 번의 협의에 걸쳐 필름 형태로 의견 종합 [연구참여자 AH의 응답]

앞서 언급된 연구참여자 NH는 대기과학자로 기후 모델 업그레이드 시 컴퓨터과학자와 협업을 수행해본 경험이 있다. 뿐만 아니라 ‘융합인재교육(STEAM)’과 관련된 교재를 개발하는 과정에서 교과교육학(지구과학교육) 전공자와 협업해 본 경험도 있다. 두 상황 모두에서 서로를 설득시키는 과정이 지난한 과정이었음을 토로하고 있다. 하지만 이 과정에서 어느 정도의 소위 ‘내려놓음’이 필요하며 이때 서로의 양보를 통한 타협을 통해 절충할 수 있었음을 언급했다. 면역 관련 연구를 하던 연구참여자 BT는 대식세포와 관련된 연구를 수행하는 중에 물리학자, 공학자와의 협업 중에 상호 불통을 경험하게 되었다. 하지만 이후 이어진 여러 번의 회의에서 서로에 대해 이해도가 높아지면서 조금씩 양보하여 초기 가설을 재설정하게 되었고 성공적인 협업을 이끌어낼 수 있었다고 하였다.

나. 공통의 언어나 매개물의 설정과 유지

과학기술 연구자들의 융합연구를 위한 협업 경험 중 어려움에 대한 극복전략으로 제시된 또 다른 것은 ‘공통의 언어나 매개물의 설정’이었다. ‘공통의 언어나 매개물의 설정’은 서로 다른 두 분야 사이에 교역지대 형성을 촉진하고 이미 형성된 교역지대가 지속될 수 있도록

듣는 역할을 수행하고 있었다. Star(1989, 2010)에 의하면 경계물은 서로 다른 둘 혹은 그 이상의 분야들 사이의 협력이 유지되는데 필수적인 조건이라 할 수 있다. 이 연구에서 연구에 참여한 과학기술자들이 언급하고 있는 공통의 소통 가능한 언어나 혹은 매개물은 결국 Star가 말한 ‘경계물’과 같은 것이라 할 수 있다. 경계물은 반드시 물건일 필요는 없으며 물체 또는 이론 등 둘 사이를 매개해주는 것이 라면 어떤 형태로도 다양하게 존재할 수 있다. 다시 말해, 언어나 물체 또는 이론이나 규칙과 같은 소통을 가능케 해주는 매개물의 발견이나 설정은 교역지대의 맹아(萌芽)라고도 할 수 있으며 학제간의 협력 유지의 필수적인 조건으로 알려져 있다.

두 분야가 이질적인 부분이 있으나 물리, 수학의 공통적인 수단(수학이라는 언어)으로 쉽게 극복됨 [연구참여자 SO의 응답]

연구목표에 대한 기본적인 지식이 정리된 자기 분야의 논문, 서적을 서로 교환하여 학습 후 진행 [연구참여자 BW의 응답]

물질을 합성하는 과학자도 소자의 제작 방법이나 효율 분석 방법 등은 서로 이미 잘 알고 있는 분야이다. 소자를 제작하는 팀도 물질의 구조나 이에 따른 특징을 어느 정도 잘 알고 있으므로 서로 어느 정도 통한다고 본다. [연구참여자 TY의 응답]

연구참여자 SO는 물리화학자로서 빛과 물질 간의 상호작용을 연구하고 있다. SO는 태양전지나 LED 개발에 참여해 보는 경험 속에서 타 분야와의 융합적 연구 경험을 체현한 바 있다. 이 과정에서 SO는 소위 ‘과학의 언어는 수학이다.’라는 오랜 격언의 의미를 새삼 느끼게 되었다고 하였다. SO는 융합연구 과정에서 초반부에는 상당한 문화적 이질감이 존재했으나 서로를 이어주는 공통의 언어인 ‘수학’이 있다는 것을 발견하게 되었다. 이후 SO는 공통적인 수단인 ‘수학’을 하나의 제3 언어처럼 활용함으로써 문화적 이질감을 해소하는 교역지대를 형성하고 수학이라는 문화적 공간이 만들어 주는 안정감 속에서 서로에 대한 이질감을 극복할 수 있었다고 언급하고 있다.

실제로 수학이 하나의 공유된 언어의 역할을 하면서 서로 간의 소통 가능성을 높여 준 사례는 과학사에서 얼마든지 발견할 수 있다. 그중에서도 대표적인 사례는 유전암호의 해독과정을 풀기 위한 다양한 분야의 학자들이 자발적으로 모여 결성했던 ‘RNA 타이 클럽(RNA tie club)’이라고 할 수 있다. 러시아의 이론물리학자이자 군사 암호해독 전문가로도 일했던 조지 가모프는 다이아몬드 코드라는 핵산-단백질 정보 전달 모델을 제안하고 생물학자, 수학자, 컴퓨터 엔지니어, 물리학자 등이 모인 다학제적 유전암호 해독 모임인 ‘RNA 타이 클럽’을 조직한 바 있다(Gamow, 1954a; Gamow, 1954b; Kim, 2017). ‘RNA 타이 클럽’은 제도적인 지원으로 이루어진 융합연구가 아닌 다양한 분야의 연구자들이 자발적으로 모여 형성한 비공식적인 학제간 연구집단이었다는 측면에서 참고할만한 사례이다. 이러한 독특한 연구모임인 ‘RNA 타이 클럽’이 유지될 수 있었던 비결은 수학이라는 그들의 소통 채널과 비록 틀린 것으로 판명되기는 했지만, 그들을 계속 결속시켜준 모델인 다이아몬드 코드 모델이 있었기 때문인 것으로 해석되고 있다(Kim, 2017). 비록 다이아몬드 코드 모델은 오류임이 밝혀진 생물학 이론 중 가장 우아한 것으로 언급되는 오명을 안게 되었지만(Judson, 1979), 그럼에도 불구하고 ‘RNA 타이 클럽’의 교역지대를 유지 시켜주는 경계물이 되어 준 것을 알 수 있다. 이 연구에서도 마치 ‘RNA 타이 클럽’에서 최초 설정되었던 가모프의 연구 의제

나 다이아몬드 모델처럼 초기 연구목표에 대한 공유는 교역지대 형성 및 유지에 큰 버팀목이 되어 주었을 것으로 생각해 볼 수 있다. 또한 공유된 언어로서의 수학이라는 소통 채널의 활용은 저마다의 맥락을 제거하고 단순화와 추상화를 통해 소위 ‘지식의 구조’를 명확하게 공유하게 도와줌으로써 공유된 정신모형을 구축하는데 견인차 구실을 했을 것으로 판단된다.

지질 유산의 보존, 활용, 관리와 관련된 연구를 수행 중인 연구참여자 BW는 관광학 분야의 전문가와 융합적 연구를 시도하고 있다고 하였다. 이 과정에서 자연과학자인 자신이 배우고 익힌 전형적인 자연과학적 연구 방법들과는 사뭇 다른 사회과학 계열의 연구 접근방식을 접하게 되었고, 적잖이 힘들었음을 토로하였다. 하지만 BW는 차분하게 연구 초반부터 서로의 연구목표에 대한 기본적인 지식을 맞교환하여 공부하면서 상호 몰이해를 해소하였다. 이 과정에서 서로에 의해 다시금 깊이 이해된 ‘연구목표’는 지질학과 관광학이라는 서로 다른 두 문화를 이어주는 매개물이자 교역지대를 형성과 유지를 돕는 하나의 경계물 역할을 하기에 충분했을 것으로 판단된다.

태양전지용 유기 반도체 고분자를 합성하는 연구를 수행 중인 TY는 주로 합성과 고분자의 구조 분석, 물성을 분석하고 있고, 분석이 끝난 물질은 다른 연구실에 보내어져 그곳에서 실제 태양전지용 소자를 제작하고 전지 효율을 측정하고 있다. 이 과정에서 다른 분야와의 협업이 필수적인 경우가 있는데, 이때 서로가 조금씩 공유하고 있는 교집합에 해당하는 지식·기술·도구와 같은 것들이 일종의 경계물로 작용하면서 교역지대의 유지를 돕는 버팀목 역할을 했을 것으로 판단된다.

다. 명확한 역할의 분담

과학기술 연구자들은 학제간 협업 경험 속에서 느낀 어려움을 ‘명확한 역할 분담’을 통해 극복하였다고도 하였다. 서로 다른 분야의 두 사람 혹은 여러 사람 사이에 이루어지는 협력적 연구는 그 자체만으로도 복잡하겠지만, 만약 둘 이상의 다자간 관계나 셋 이상의 학문 분야가 서로 접촉해야 하는 상황에서는 협업 과정에서 각자 서로의 역할을 정확히 파악하지 못하고 시간만 허비하는 경우가 많다.

근본적인 해결을 생각하진 않았으며, 다만 수치례의 회의를 거치는 과정에서 각자의 역할 분담을 확실히 구분하여 그 결과를 합치는 수준으로 연구를 마무리함. [연구참여자 BP의 응답]

연구참여자 BP는 전이금속 착화합물의 합성과 그에 관한 분자 구조 및 물리화학적 특성 연구를 주로 하는 과학기술 연구자이다. BP는 정부 과제 수행을 위해 콘택트렌즈 업체와 함께 연구를 진행할 당시, 대학의 연구실에서는 소재를 개발하고 기업에서는 이를 적절히 배합하여 렌즈를 제작하는 업무를 맡아서 진행한 경험이 있다. BP에 따르면 산학 공동연구는 서로가 연구를 바라보는 관점 상의 큰 차이가 존재한다는 것을 깨닫게 되었다. 일반적으로 자연과학에서는 분자 혹은 물질의 특성과 반응 원리를 탐구하는 데 먼저 노력하는 반면, 산업체에서는 이를 이용한 제품을 우선 제작한 후, 원료의 배합이나 제작 방법 변화를 통해 원하는 수준의 특성을 구현하는 데 집중한다는 것이다. BP는 이러한 현상이 산업체의 규모가 작을수록, 연구 기간

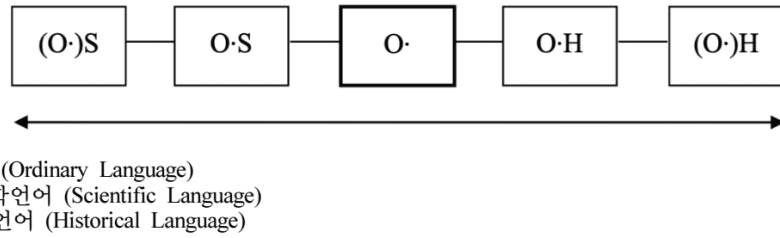


Figure 2. Shared ordinary language that intermediate scientific language and historical language (Moon, 2000)

이 짧을수록 보편적으로 나타나는 현상으로 이해하고 있었다. 협업 과정에서 갑자기 맞닥뜨린 문화적 차이로 인하여 당혹스러움을 느꼈지만, BP는 근본으로 돌아가서 각자의 역할을 보다 구체화하고 각자가 이해할 수 있는 수준으로 잘 구분된 자기 일을 파악하는 과정을 거친 후 나중에 저마다의 결과물을 합쳐 통합적인 성과를 도출해 내는 방식을 꾀하였다. 이러한 전략은 다학제간의 협업 등의 상황에서 복잡성이 높아 큰 그림이 머리에 잘 들어오지 않을 때, 부하를 줄여주어 문제해결의 실마리를 준다(Lee, Ha, & Shin, 2018).

라. 지속적인 만남과 토의

다른 학문 분야와의 협업의 성공을 위해서는 서로 간의 유대감도 형성하고, 학문적 공감대와 앞서 논의한 교역지대도 형성해야 할 것이다. 연구에 참여한 과학기술 연구자들이 제시한 협업 과정에서 느끼는 어려움 극복의 전략 중 가장 쉽고 근본적인 해결책이지만, 생각보다 실천하기 어려운 것으로 ‘지속적인 만남과 토의’가 제시되었다.

- 지속적인 만남과 토의를 통해 해결할 수 있음. 지속 시간이 중요함 [연구 참여자 DC의 응답]
- 지속적인 디스커션으로 해결함 [연구참여자 CP의 응답]
- 많은 적극적인 디스커션 [연구참여자 NM의 응답]

해양 퇴적물 및 퇴적암에 대한 특성을 연구하는 과학기술연구자 DC는 해양지질 연구 과정에서 수증음향학자와 협업을 경험한 바 있다. DC는 서로의 학문적 가치지향이 달라 같은 대상을 연구하면서도 중요하게 여기는 현상이 차이가 난다는 것을 깨닫고 처음엔 당혹스러웠지만, 이내 해결하기 위한 노력을 아끼지 않았다. DC의 경우는 서로 간의 연구문화와 학문적 가치관이 다르다는 것을 받아들이고 연구의 초반부터 후반까지 지속적인 만남을 가지면서 열린 토론과 회의를 이어 나갔다. 여기서 중요한 것은 특별한 논의 사항이나 조율할 사항이 없더라도 정기적인 만남을 연구가 끝나는 시점까지 끈질기게 유지했다는 점이다. 이 과정에서 어떤 만남은 단순히 친교를 위한 가벼운 만남도 있었으며, 때로는 진지하고 심각한 토의의 장도 있었다. 정례화되어간 지속적인 만남 속에 서로 다른 두 문화 속에서 곁들린 협업은 연구자들 사이의 래포 형성과 알아감을 통하여 원활히 마무리 되어갈 수 있었다. 또 다른 사례로 본능 회로에 관해 연구하는 CP의 경우가 있다. CP는 기계과와 협업해 신경 원리를 이용한 기계 장비 개발하는 과정에서 생물학과 기계공학이라는 두 학문이 서로 추구하는 바가 달라 어려움을 겪었다고 토로한 바 있다. 이때 CP는 다소

더딘 해법이지만, 결국은 ‘지속적인 디스커션’을 통해 꼬인 실타래를 풀어나갔음을 밝히고 있다. 신약 개발 연구를 수행하던 NM이 제시한 해법도 역시 같은 것이었다. 하지만 이런 근본적이고 좋은 전략들도, 연구자의 인내가 동반되지 않는다면 대부분 일회성에 그치기에 십상일 것이다.

마. 용어의 의미 조율과 모델과 가정에 대한 사전 규정

앞서 살펴본 바와 같이 용어나 개념의 혼란으로 인한 불통은 학제간 협업 과정에서 상당한 어려움을 초래한다. 연구에 참여한 과학기술 연구자들은 이러한 어려움을 극복하기 위한 대안으로 ‘용어의 의미 조율과 모델과 가정에 대한 사전 규정’을 제시하였다.

- 사전에 사용하는 용어의 정의나 이론적 모델에 대해 명확히 하여 해석이나 사용 언어의 차이를 최소화하고자 하였음 [연구참여자 KI의 응답]
- 기본적인 개념과 실험방법을 이해하기 위한 시간을 많이 가졌습니다. [연구참여자 MR의 응답]

우주론 분야를 연구하는 KI는 우주의 초기 조건과 가속 팽창에 관한 연구에서 양자 중력에 관한 연구자와 협업 과정에서 어려움을 경험한 바 있다. 이때 말썽을 일으킨 것은 각자 암묵적으로 당연하게 여기고 있는 우주 초기 조건의 확률적 해석 문제였다. 이때, KI는 타분야 연구자가 같은 대상에 대해서 자신과는 다른 이론적 가정이나 모델을 사용한다는 것에 놀랐으며, 기본적인 개념이나 용어의 정의 수준에서도 상당한 이질성이 존재한다는 것을 발견하였다(e.g. Lee, Shin, & Ha, 2015; Rozin, 2005). 이러한 ‘차이의 발견’이 협업의 말미에야 발견된다면 아마도 바로잡을 방법이 없을 것이다. 그러나 KI나 MR이 한 방법과 같이 비록 번거롭고 더딘 과정일지라도, 사전에 서로가 활용하는 용어나 개념 그리고 이론적 가정이나 모델들이 얼마나 차이가 나는지 확인하고 협의로 대안을 찾을 수 있다면 호미로 막을 것을 가래로 막는 일은 발생하지 않을 것이다.

최근 Moon(2020)은 서로 다른 분야인 도자기 보존과학과 도자사학(陶磁史學)이라는 두 분야가 언어적으로 만나는 과정을 과학기술학적으로 연구한 바 있다(Figure 2). 두 분야의 언어는 거슬러 올라가면 일상언어의 뿌리를 공유하고 있다. 그러나 전문화가 진행되면서 공통의 일상어 뿌리의 흔적(O·)은 가려져 드러나지 않고 개별 전문 분야인 보존과학 언어((O)·S)와 도자사학 언어((O)·H)로 특수화되어 가면서 해당 전문가 집단에서만 통용되는 소통이 어려운 언어로 고립되어 가게 된다. Moon(2020)에 따르면, 두 분야에서 사용되는 언어의 사이에 일상어 이외에 보편적 전문어라는 일종의 피진화 혹은 크레올

화)된 또 다른 언어 단계인 ‘보편적 전문어’라는 것이 존재한다는 것을 보고한 바 있다. 예를 들어 도자사학의 보편적 전문어는 일상 언어의 의미를 유지하면서도 도자사학의 전문훈련을 받지 않은 다른 분야 사람도 직관적으로 이해하거나 접근할 수 있는 중간 형태의 언어를 의미한다. 이와 같은 언어의 협상과 의미의 타협, 그리고 보편적 전문어와 같은 피진의 형성은 이질적 분야들이 직관적으로 초기 소통하는 교역지대의 탄생과 유지에 있어 결정적 역할을 하게 되며, 이는 이 연구에 참여한 과학기술 연구자들의 응답에서도 공통적으로 발견되는 부분이라 할 수 있다.

바. 상대 분야에 대한 있는 그대로의 인정

학제간 협업 과정에서 서로의 어려움을 극복하는 방법으로 연구참여자들은 ‘상대 분야에 대한 있는 그대로의 인정’을 제시하였다. 다른 분야와의 접촉 과정에서 우리는 흔히 자신이 이미 가지고 있던 타자에 대한 선입점을 통해 그들을 바라보려 하는 실수를 범할 때가 있다. 특히나 이런 사회적 선입점들이 해당 분야에 대한 참된 이해나 존중이 아닌 잘못된 이해나 혐오로부터 유래된 것이라면 제대로 된 협업이 이루어지기 어려울 것이다.

협업에서 가장 중요한 점은 상호인정이라고 생각한다. 협업을 하는 상대끼리 서로의 분야와 실력을 인정할 때 진정한 협업이 가능했음. [연구참여자 ET의 응답]

먼저 상호 연구 분야들을 존중함을 표현하고, 공학자들의 상품화 개발 중에 제시되는 오차범위 내의 개략적인 데이터들을 존중한다는 의견을 피력한 후, 응용 개발된 제품 등에서 임의 문제들이 발생하였을 때, 정확한 진단 및 문제해결을 위해서는 정확한 데이터 측정 및 고도한 정밀도로 측정된 데이터의 필요성과 당위성을 설명하고 협업 당사자들의 이해와 동의를 얻었음 [연구참여자 WJ의 응답]

연구참여자 ET는 방사선 측정 및 시뮬레이션이 전공인 과학기술 연구자이다. ET의 경우, 타 분야와의 협업에서 정보나 기술의 공유 측면에서 어려움이 발생했다고 하였다. ET는 이러한 어려움이 발생한 이유로 전문지식이나 기술을 타인에게 쉽게 공유하지 않으려는 폐쇄적인 분위기가 팽배해 있는 상태에서 협업에 임한 것을 들고 있다. 이러한 내용은 Merton(1973)이 제시한 CUDOS 중 공유주의 원칙(communism 또는 communality)과는 배치되는 것으로 협업의 파트너인 상대방조차 장래의 잠재적 경쟁자로 간주하고 지식이나 노하우를 숨기게 될 수 있다는 의미이다(Bak, 2006; Ha, Shin, & Lee, 2019; Macfarlane, Cheng, 2008; Ziman, 2000). 또한, 다른 분야와의 협업 초반에는 단순히 보안상의 문제뿐 아니라 ‘우리 쪽의 실험 논리 혹은 분석 논리를 저 사람들이 이해는 할 수 있으려나?’와 같은 의심이

들게 마련이다. 이러한 생각에 사로잡히게 되면, 상대방을 나와 대등한 위치와 실력을 갖춘 전문가로 인정하지 못하게 되어 함께 받을 맞추어 나가기 어려워지게 된다. 고체물질의 구조 및 물성 특성 변화를 연구하는 과학기술 연구자 WJ 역시 그러한 부분을 지적한 바 있다. WJ는 무엇보다도 협업 초기부터 서로의 분야를 있는 그대로 인정해주는 ‘존중과 상호인정’이 가장 중요한 요소라고 강조한 바 있다. 특히나 상대방과 그 분야를 내 분야 못지않게 존중하는 열린 자세는 매우 중요하다고 할 수 있다. 다른 분야를 강제로 자신의 분야로 환원하여 해석하려는 강압적 시도인 소위 특정 학문 제국주의나 자신의 분야에 대한 애정과 자부심이 넘친 나머지 다른 분야에 대해서는 낯 잡아 보거나 혹은 옳지 못한 것으로 간주하는 것은 한 분야에 정통한 과학기술자 연구자들에게서 심심치 않게 일어날 수 있는 태도이다(Ahn, 2012; Park, 2015). 따라서 항상 내가 옳으면 자연적으로 상대방은 틀린 것이 되는 양비론적 세계관보다는 내가 옳더라도 동시에 상대도 옳을 수 있으며, 현상은 각자의 학문 분야마다 관점의 정합성에서 모두 합당할 수 있다는 다원주의적인 세계관을 추구할 수 있다면 좋은 대안이 될 것이다(Chang, 2014).

사. 타자에 대한 배려와 관심

과학기술 연구자들이 제시한 다른 분야와의 협업 중 어려움 극복 전략 중 마지막으로 살펴볼 수 있었던 것은 ‘타자(other)에 대한 배려와 관심’이었다. 어려움을 경험한 과학기술 연구자들은 그들이 경험한 ‘어려움’이라는 현상으로 인하여 이전까지는 생각해보지 못한 타자의 입장을 깨닫게 되고, 그 과정에서 자신들이 사용하는 개념이나 용어의 난이도 수준을 조절한다든가 혹은 반복적인 친절한 설명을 시도한다든가 하는 식으로 이전과는 다른 접근을 시도하려 들게 되는 모습을 보여주고 있다. 이는 ‘어려움’과의 마주침으로 인하여 연구가 실패하고 혹은 연구자로서 혼란에 휩싸이거나 붕괴되는 것이 아니라 오히려 변증법적 발전과 성장의 계기가 될 수 있음을 보여준다. 타자와의 마주침은 연구자들에게 단순히 자신과 다른 분야에 대한 접촉 경험만을 주는 것이 아니라 타자의 시선으로 본 내 분야라는 새로운 시선 또한 경험하게 해주어서 매우 입체적인 경험으로 자리하게 된다.

곤란을 겪기 보다는 상대방의 전문적인 분야를 잘 이해하지 못하므로 설명을 듣고 이해하려고 노력했습니다. [연구참여자 TG의 응답]

독학 및 그 분야 전문가의 조언 구하기 [연구참여자 BJ의 응답]

실험 설명시 최대한 용어 사용을 주의함 [연구참여자 IS의 응답]

최대한 쉽게 설명하려고 한다. 구체적으로 무엇이 필요하고, 무엇이 알고 싶은지 설명한다. [연구참여자 OK의 응답]

세포의 분화와 운동에 관해 연구하는 TG는 X-ray를 사용한 물질의 구조 탐색 과정에서 물리학과 연구자와 협업을 경험하였고, 이 과정에서 어려움을 겪었다고 하였다. 하지만 TG는 거기서 멈추지 않고 스스로 대화를 위한 소양을 갖추기 위하여 상대 분야에 관한 공부를 게을리하지 않았고 이를 통해 학제간 협업이 후반부로 갈수록 발전적으로 마무리되어갈 수 있었음을 술회한 바 있다. Collins, Evans, & Gorman (2007) 은 서로 다른 분야 사이의 융합 과정에서 반드시 교역지대 형성이 필요한데, 이러한 교역지대가 형성되기 위해서는 초반에 서로를 이어줄 수 있는 ‘상호작용적 전문성’이 중요한 역할을 한다고

1) 공통언어를 공유하지 않는 두 집단이 의사소통 수단으로서의 사용하는 임시적인 접촉언어를 피진(Pidgins)이라고 하며, 이러한 피진이 생산되는 과정을 피진화라고 한다. 피진은 중국인들이 과거 비즈니스(business)를 피진이라고 발음한데서 유래된 말로 교역이 왕성한 공간이나 이주로 인한 이(異)문화접촉지역, 혹은 식민지 등에서 발생한다고 알려져 있다(Shin, 2011). 크레올(creoles)은 피진이 그 자체로 안정화되고 토착화되어 공용 언어의 지위가 생긴 경우를 말한다. 학제간의 융합 과정에서도 교역지대 내에서 피진과 같은 중간언어나 경계언어들이 나타나고 이 과정에서 수많은 의미협상과정들이 동반된다. 크레올화는 피진이 크레올이 되어가는 과정을 일컫는 말이다(Collins et al., 2007; Galison, 1997; Lee, Lee, & Ha, 2013).

강조했다. 이질적인 문화를 극복하고 훌륭한 창발 효과(emergent property)를 끌어내고자 한다면, 개별 연구자가 훌륭한 '명창'이 되는 것도 중요하지만 서로의 소리를 알아듣고 격려하고 때로 지적해주는 훌륭한 '귀명창'이 되어 주어야 할 필요도 있다는 의미이다.

한편, 연구자들은 타자와의 마주침을 통해 어려움을 겪으면서 공감의 순간을 경험하게 된다. 내가 어렵다면, 상대방 역시 나의 분야가 어려울 수 있다는 것에 대해서 깨닫기 시작한다. 협업 경험 이전에는 한 번도 느껴보지 못한 '타자의 시선'으로 쳐다본 나의 전공 영역에 대한 성찰이다. 이 과정에서 연구참여자들은 자연스럽게 '내가 이렇게 어렵고 곤란한데 저 사람들은 어찌러나?'라는 역사사지의 사고를 경험하게 되고 처음으로 상대를 배려하는 모습을 보여주게 된다. IS나 OK가 보여준 상대방에 대한 배려는 이런 공감의 자세를 잘 보여주고 있다. 이러한 맥락은 다른 문화와의 마주침을 통해 입장을 전환한 공감이 형성되며, 이 과정에서 다문화 감수성이 향상되고 궁극적으로는 타자에 대한 배려와 관심에 눈을 뜨게 되는 것과 유사하다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 과학기술 연구자들의 학제간 협업 과정에 대한 전반적 인식을 파악하고 이들이 협업하는 과정에서 경험하는 어려움의 유형과 그 어려움을 극복해나가는 다양한 전략들을 탐색하였다. 이와 같은 연구 결과를 토대로 융합탐구 교육 및 과학기술분야 학문후속세대 교육에 관한 시사점을 논의하자면 다음과 같다.

먼저 이 연구에서는 이질적인 분야 간 협동에 대한 긍정적 태도를 함양하는 융합 교육이 이루어져야 함을 제언한다. 국내 과학교육 분야에서는 2009 개정 과학과 교육과정 이후 현재까지 지속적으로 학생들의 다양한 교과와의 통합 및 연계를 통한 융합적 문제해결력 함양을 추구해왔다. 또한 최근 2022 개정 과학과 교육과정에서는 '융합탐구과' 교과를 통해 길러야 할 중요한 가치-태도적 요소 중 하나로서 과학 문제해결의 '학문 간 융합적 접근'을 강조하고 있다(Ministry of Education, 2022). 그러나 만약 이와 같은 학문 간 융합적 접근의 가치 교육이 다양한 분야의 지식이 연계되어 성공적으로 문제를 해결한 성공적 사례를 살펴보고 이를 통해 융합적 접근의 중요성을 인지적으로 파악하는 데 그친다면, 추후 학생들이 과학기술 분야의 진로로 나아간 이후 융합적 활동의 실천으로 쉽게 이어지지 않을 수 있다. 이질적인 분야의 내용을 연계하고 문제를 해결하는 융합적 과정은 다양한 배경지식과 가치관, 세계관을 지닌 사람들 간의 상호작용과 협동을 통해 촉발되는 경우가 많다. 그렇다면 지식이나 개념 측면에서의 융합을 가르치는 것도 중요하지만, 보다 사회적 관점에서 실제 과학기술 분야에서 융합적 협동은 어떠한 양상으로 이루어지는지 안내함으로써 학생들의 융합적 연구의 본성과 이에 대한 긍정적인 태도 함양을 이끌 필요가 있다.

연구 결과 학제 간 협업에 대한 자아효능감과 서로 다른 이질적 분야에 대한 다원주의적 태도의 향상이 향후 융합 교육에서 추구해야 하는 중요한 정의적 요소임을 확인할 수 있었다. 먼저 자아효능감의 경우 학제간 협업의 중요성 인식에서 협업의도로 이어지는 경로에서 유의미한 매개 효과를 나타냄을 확인할 수 있었다. 결국 스스로 느끼는 학제간 협업에 대한 효능감이 다학제적 협업 연구가 활발히 이루

어지는 데 있어 핵심적인 역할을 한다고 볼 수 있다. 다시 말해 아무리 과학기술자 개개인이 학제간 협업의 중요성에 대해 크게 인식한다고 하더라도 개인의 효능감이 낮을 경우 실제 학제간 협업이 이루어지기 어려울 것이다. 그러나 연구에 참여한 과학기술 연구자들의 전반적인 학제간 협업의 효능감이 상대적으로 낮았다는 점에서 향후 과학기술 분야에서 활발한 학제 간의 융합적 접근이 이루어지려면 개개인의 다학제적 협업에 관한 효능감을 향상시키기 위한 방안이 먼저 마련될 필요가 있다.

인간 행동에서 자아효능감의 역할을 강조했던 Bandura(1977)에 따르면 개인이 특정 행동에 대해 성공적인 직접 경험을 하거나 타인의 성공적 경험에 대한 간접경험을 할 경우 해당 행동에 대한 효능감을 높일 수 있다. 중등학생들의 경우 다양한 진로 탐색 시기에 놓여있기에 특정 분야의 소속 정체성을 아직 확립하지 못했을 가능성이 크며, 이질적인 분야의 사람들과 협업의 경험은 아직 생소할 수 있다. 따라서 학제간 협업에서 성공적인 결과를 도출한 사례에 대한 지속적인 안내를 통한 간접적인 경험이 이루어질 필요가 있다. 이 때 단순히 이질적 분야간의 협업을 통해 이루어진 문제해결 성과만을 안내하는 것은 효능감 향상에 큰 효과가 없을 수 있다. 이 연구에서 살펴본 과학기술자들이 학제간 협업 과정에서 겪는 다양한 사회적 상호작용과 어려움, 극복전략에 관한 실질적 사례들은 학생들이 이질적인 분야 간의 협업을 통한 융합 연구가 어떻게 이루어지는지 보다 면밀히 이해하고, 개인적 차원에서 이질적인 분야 사람과의 협업에 대한 흥미와 효능감을 높이는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 이와 같은 간접경험을 통해 형성된 자아효능감은 추후 과학기술 분야로 나아갈 학생들이 다양한 이질적 분야와의 협업을 시도하는데 보다 의미있는 효과를 줄 수 있을 것으로 기대된다. 한편 과학기술 분야 고등교육 및 학문후속세대 양성 과정에서는 개인의 학문적 정체성이 점차 구체화되는 만큼 다른 전공의 학생들과의 이질성을 더욱 명료하게 느끼기 쉽지만(Lee, Hwang, & Shin, 2022), 동시에 이로 인해 다학제적 협업 경험이 보다 심도있게 이루어질 수 있을 것이다. 이들에게는 다른 과학기술 전공의 학생들과 교류하고 협업을 시도할 수 있는 교육적 기회가 제공되고, 이 과정에서 이루어지는 성공적인 협업사례에 대한 확산과 공유가 활발히 이루어질 필요가 있다. 이와 같은 학생들의 학제간 협업의 작-간접적 경험은 학제간 협업의 효능감과 함께 협업의 의도를 향상시키는 데에 큰 영향을 미쳐 앞으로의 학제간 융합연구 확장을 도울 뿐 아니라 과학사회학자 해리 콜린스(Harry Collins)가 주장하는 상호작용적 전문성(interactional expertise)을 가진 과학기술자 양성의 출발이 될 것이다(Collins, 2004, 2011; Collins et al., 2007).

뿐만 아니라 이 연구는 융합교육에서 다원주의적 태도의 함양이 중요함을 잘 보여준다. 현대과학은 고유한 지식, 기술, 언어, 관심사, 목적을 가진 서로 이질적인 미시 문화들의 복잡하게 얽혀있는 조각보에 비유되기도 한다(Wong & Hodson, 2010; Park & Song, 2018). 이와 같은 현대 과학의 다원주의적 특성은 연구에 참여한 과학기술 연구자들이 학제간 협업을 통해 겪은 가치지향, 사고방식, 개념, 방법 등의 차이에서 잘 드러난다. 이들은 이와 같은 다양한 이질성으로 인해 어려움을 느꼈으나 상호 분야에 대한 접점을 찾고 이해하려 노력하며 그 과정에서 상호 존중을 함으로써 학제간 협업을 잘 이끌어 나갈 수 있었다. 결국 이들은 학제간 협업에서 과학기술의 다원주의

적 본성에 대해 받아들이고 이를 내면화했기에 학제간 협업의 어려움을 잘 해결할 수 있었다. 이와 같은 연구 결과는 융합탐구 교육에서도 학생들의 과학기술 분야의 다원주의적 본성에 대한 이해에 기반한 관점의 내면화와 태도의 함양이 필요함을 시사한다. 현대 과학의 다원주의적 본성은 융합 교육에 있어서 고려되어야 할 중요한 전제이다. 이러한 점에서 융합교육을 하는 과정에서 이 세상에 다양한 목적, 가치, 사고방식, 방법 등을 추구하는 분야가 존재하며 이 다양성이 과학기술의 발전을 이끄는 데 중요한 특성임을 먼저 이해할 필요가 있다. 또한 이와 같은 지식과 실천의 다양성에 대한 존중은 융합적 탐구를 수행하는데 핵심적 역할을 함을 다양한 융합적 탐구를 지도하는 과정에서 강조할 필요가 있다.

마지막으로 이 연구에서 밝힌 과학기술 연구자들이 겪는 다학제적 협업 과정에서의 실질적 어려움과 극복전략은 과학의 본성 교육에 있어 중요한 기초자료가 될 수 있다. 연구 결과를 통해 드러난 과학기술자들이 겪는 학제간 협업의 어려움과 극복전략과 관련된 구체적 사례는 학생들이 사회적 활동으로서 과학의 다양성과 그 안에서 이루어지는 역동적 상호작용의 본성을 이해하도록 돕는데 중요한 근거자료가 될 수 있다. 그동안 학생들이 알아야 할 과학의 본성 중 하나로서 사회적 실천으로서의 과학의 모습, 즉 과학을 수행하는 과정에서 다양한 사회적 상호작용과 협업이 필수적인 과학의 모습이 강조되어 왔다(Osborne *et al.*, 2003). 그러나 그동안은 유사한 연구를 하는 동료 간 협업 및 의사소통을 중심으로 사회적 실천으로서의 과학의 보편적인 모습만이 강조된 경향이 있으며, 실질적인 협업의 맥락 속에서 이루어지는 과학자들의 다양한 어려움과 이에 대응하는 과학자들의 개인적, 사회적 실천과 같이 구체적이며 맥락 의존적인 내용은 다루어지지 않았다(Wong & Hodson, 2010). 뿐만 아니라, 단일한 과학의 모습을 전제로 한 과학의 본성 교육을 위주로 이루어졌던 만큼 과학 내에 수많은 이질적 분야들 간의 차이와 분야 간 상호작용에 대해서는 상대적으로 적게 다루어져 왔다(Park & Song, 2018). 현대 과학의 다원주의적 본성과 그 안에서 이루어지는 역동적인 상호작용에 대한 이해는 과학의 본성에 관해 일반화된 일부 명제들을 다루는 교육으로만 달성하기에는 한계가 있으며, 실제 현대 과학기술 연구자들이 마주하는 다양한 형태의 학제간 협업의 경험 및 이와 관련된 인식 및 실천에 관한 미시적 자료들을 바탕으로 이루어질 때, 보다 효과적으로 이루어질 수 있을 것이다. 이와 같은 점에서 이 연구에서 밝혀진 과학기술자들의 경험과 인식은 사회적이며 다원주의적인 과학의 본성을 이해하도록 돕는 교육과정 및 교수학습 자료 개발에 의미있는 기초자료가 될 것이다.

이 연구는 학제간 융합연구를 수행한 경험이 있는 국내 과학기술 연구자들을 사례로 협업에 대한 인식과 협업과정에서 경험한 어려움과 이를 극복하기 위한 전략들을 미시적으로 탐색했다는 점에서 기존의 연구들과는 차별성이 있다. 하지만 연구에 참여한 연구자들의 회상적 이야기를 주요 데이터로 사용하였기에 학제간 융합 연구 상황에서 발생하는 연구자 간 소통의 어려움이나 갈등을 간접적으로 확인하였을 뿐이다. 따라서 후속 연구에서는 실제 융합 연구가 진행되는 상황에서 나타나는 어려움과 갈등을 직접적으로 참여 관찰하여 보고하는 연구가 진행될 필요가 있으며 이를 기초로 서로 다른 영역 간 협업 소양을 증진시키는 융합교육 프로그램이 마련되어야 할 것이다.

국문요약

이 연구에서는 학제간 융합 연구를 수행해본 경험을 가진 과학기술 연구자들이 학제간 협업에 대하여 어떠한 인식을 가지고 있으며 협업 과정에서 경험하는 어려움 및 그 어려움을 극복하고자 세우는 전략들에는 어떠한 유형이 있는지 확인하고자 하였다. 이를 위하여 학제간 협업에 대한 태도를 확인하는 5점 리커트 척도 문항들과 협업 경험에서 겪는 어려움 및 어려움 극복전략에 관해 서술하는 개방형 문항들이 혼합된 형태의 설문지를 개발하여 국내 과학기술 연구자 79명에게 투입한 후 자료를 수집하였으며 수집한 자료는 양적·질적으로 분석되었다. 연구결과, 과학기술 연구자들의 협업 태도 하위구인 중 협업의 효능감 인식이 협업의 의도에 중요한 영향을 미치는 것으로 확인되었으나 협업의 효능감 대한 연구참여자들의 인식 수준은 비교적 낮은 것으로 나타났다. 또한 학제간 협업과정에서 겪는 어려움은 4가지 유형(가치지향 상충, 사고방식 차이, 용어나 개념 차이, 상대분야에 대한 편견과 상호 몰이해)으로 나타났으며 이를 극복하기 위한 전략은 7가지 유형(협상과 타협을 통한 상호 양보, 공통의 언어나 매개물의 설정과 유지, 명확한 역할의 분담, 지속적인 만남과 토의, 용어의 의미조율과 모델과 가정에 대한 사전 규정, 상대 분야에 대한 있는 그대로의 인정, 타자에 대한 배려와 관심)으로 확인되었다. 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 현대 과학의 주요한 본성인 다원주의적 특성과 그 안에서 이루어지는 다양한 협업의 특성을 반영하는 융합교육이 이루어져야 함을 제안하였다.

주제어 : 융합교육, 학제간 협업, 과학기술 연구자, 통약불가능, 협업의 효능감

References

- Ahn, H. Y. (2012). The Biologism within consilience: How physics makes an effect on the shape of biology. *Korean Journal of General Education*, 6(3), 691-719.
- Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., Schulz, J., Henrich, J., Shariff, A., Bonnefon, J. F., & Rahwan, I. (2018). The Moral Machine experiment. *Nature*, 563(7729), 59-64.
- Bak, H. J. (2007). Perceptions and evaluation of norms of science among Korean scientific community. *Journal of Science & Technology Studies*, 7(2), 91-124.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52, 1-26.
- Bochatay, N., Bajwa, N. M., Blondan, K. S., Perron, N. J., Cullati, S., & Nendaz, M. R. (2019). Exploring group boundaries and conflicts: a social identity theory perspective. *Medical Education*, 53(8), 799-807.
- Bueno, O. (2011). When physics and biology meet: The nanoscale case. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42, 180-189.
- Bueno, O. (2012). Styles of reasoning: A pluralist view. *Studies in History and Philosophy of Science*, 43, 657-665.
- Chang, H. (2014). Pluralism as a new Framework for integrated HPS. *Korean Journal for the Philosophy of Science*, 17(2), 153-173.
- Cho, Y., Woo, C., & Choi, J. (2017). Performance analysis on collaborative activities of multidisciplinary research in government research Institutes. *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 20(4), 1089-1121.
- Collins, H. (2004). Interactional expertise as a third kinds of knowledge. *Phenomenology and cognitive Science*, 3, 125-143.
- Collins, H. (2011). Language and practice. *Social Studies of Science*, 41(2), 271-300.

- Collins, H., Evans, R., Gorman, M. (2007). Trading zones and interactional expertise. *Studies in History and Philosophy of Science*, 38, 657-666.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Crombie, A. C. (1994). *Styles of scientific thinking in the European tradition* (3 volumes). London: Duckworth.
- Dorner, D., & Funke, J. (2017). Complex problem solving: What it is and what it is not. *Frontiers in Psychology* 8(1153), 1-11.
- Funke, J. (2012). Complex problem solving. N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (682-685). Heidelberg: Springer.
- Fuselier, L., MacFadden, J., & King, K. R. (2019). Do biologists' conceptions of science as a social epistemology align with critical contextual empiricism?. *Science & Education*, 28(9), 1001-1025.
- Galison, P. (1997). *Image and logic: A material culture of microphysics*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Gorman, M. E. (2002). Level of expertise and trading zones: A framework for multidisciplinary collaboration. *Social Studies of Science*, 32(5/6), 933-938.
- Gorman, M. E., Groves, F., & Shrager, J. (2004). Societal dimensions of nanotechnology as a trading zone: results from a pilot project. In D. Baird, A. Nordmann, & J. Schummer (Eds.), *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, Netherlands: IOS Press.
- Hacking, I. (1985). *Styles of scientific thinking*. In J. Rajchman & C. West (Eds.), *Postanalytic philosophy* (pp. 145-165). New York: Columbia University Press.
- Han, K. (2016). Convergence, consilience and reduction. *The Journal of Human Studies*, 41, 173-194.
- Humphreys, P. (2018). Knowledge transfer across scientific disciplines. *Studies in History and Philosophy of Science*
- Jung, S. M. (2001). Molecular Biology and Incommensurability. *Korean Journal for the Philosophy of Science*, 4(2), 1-31.
- Kim, A. Y., & Sinatra, G. M. (2018). Science identity development: an interactionist approach. *International Journal of STEM Education*, 5(51), 1-12.
- Kim, B. G. (2017). Deciphering the Genetic Code in the RNA Tie Club: Observations on Multidisciplinary Research and a Common Research Agenda. *Journal of Science & Technology Studies*, 17(1), 72-115.
- Kim, E., & Lee, S. (2018a). Application and selection status of National Research Fund of Korea(NRF)'s interdisciplinary convergent research project and implication for convergence researcher. *Asia-Pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 8(3), 499-510.
- Kim, E., & Lee, S. (2018b). The experiences and satisfaction of researchers supported by the Interdisciplinary research projects. *Asia-Pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 8(1), 33-50.
- Kim, E., Lee, S., & Song, J. Y. (2018). The Influence of the Positive and Negative Experiences of the Convergent Researchers on the Retry Intention, Satisfaction, Continuing Intention, and Recommendation Intention of Convergent Research. *Asia-Pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 8(5), 279-291.
- Kim, H. J., Kim, E. J., & Lee, S. Y. (2018). Successful convergent research method to overcome trial and error of interdisciplinary convergent researcher. *Culture and Convergence*, 40(1), 183-214.
- Kim, H. S. (2011). Beyond both biological and sociological reductionism. *Kookmin Social Science Reviews*, 23(2), 143-173.
- Kim, H. S. (2012). Climate change, science and community. *Public Understanding of Science*, 21(3), 268-285.
- Kim, M. (2017). Understanding children's science identity through classroom interactions. *International Journal of Science Education*, 40(1), 24-45.
- Kim, S. R. (2020). Ethical and legal difficulties and solutions that need to be solved before autonomous vehicles are commercialized - Focused on ethical guidelines and moral machine experiments. *IT & Law Review*, 21, 171-214.
- Kuhn, S. T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Lee, G. (2022). Exploring the essence of 'science content' and 'science education': Focus on 'essential-holistic' perspective and practices. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 42(4), 449-474.
- Lee, J. K., Hwang, H., & Shin, S. (2022). Diversity of implicit premise in different academic major group: Focusing on the case of pre-service science teachers' arguments on race concept. *Korean Journal of Teacher Education*, 38(3), 5-38.
- Lee, J. K., Lee, T. K., & Ha, M. (2013). Exploring the evolution patterns of trading zones appearing in the convergence of teachers' ideas: The case study of a learning community of teaching volunteers 'STEAM teacher community'. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(5), 1055-1086.
- Lee, J. K., Shin, S., & Ha, M. (2015). Comparing the Structure of Secondary School Students' Perception of the Meaning of 'Experiment' in Science and Biology. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 997-1006.
- Lee, J. K., Shin, S., & Ha, M. (2018). Complex problems in complex problem solving: Types, levels, and meaning in the field of science education. *School Science Journal*, 12(4), 417-436.
- Lee, J. K., Shin, S., & Ha, M. (2020). Pre-service teachers' perception of the complexity, difficulty, interesting, and willingness to problem solving during complex problem solving: Focusing on real-life contextual cases. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(19), 241-269.
- Lee, J. W. (2022). Effect of theme-based convergence education program using bio-art on bioethical awareness and scientific attitude of high school students. *School Science Journal*, 12(4), 417-436.
- Macfarlane, B., & Cheng, M. (2008). Communism, universalism and disinterestedness: re-examining contemporary support among academics for Merton's scientific norms. *Journal of Academic Ethics*, 6(1), 67-78.
- Merton, R. K. (1973). *The sociology of science*. University of Chicago Press.
- Ministry of Education (2022). 2022 revised science curriculum. Ministry of Education 2022-33 [issue 9].
- Moon, J. (2020). Making a linguistic connection for interdisciplinary research between conservation science and ceramic history: The case of "Analytical report of the royal kiln complex at Gwangju in Gyeonggi province". *Journal of Conservation Science*, 36(6), 578-590.
- Ng, T. W., & Lucianetti, L. (2016). Within-individual increases in innovative behavior and creative, persuasion, and change self-efficacy over time: A social-cognitive theory perspective. *Journal of Applied Psychology*, 101(1), 14-34.
- Noh, Y., & Park, J. (2021). A study on the trend analysis of interdisciplinary convergence research. *The Journal of Humanities and Social science*, 12(1), 3359-3374.
- Oh, H., & sung, E. (2013). Competency Modeling of Convergence Talent. *Asian Journal of Education*, 14(4), 201-228.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Park, M. (2015). The AIP and the conflict between pure physicists and applied physicists. *The Korean Journal for the History of Science*, 37(1), 41-58.
- Park, S. U. (2015). A dynamic modeling of the system of sciences. *Journal of Humanities*, 45, 297-316.
- Park, W., & Song, J. (2019). Between realism and constructivism: A sketch of pluralism for science education. In E. Herring, K. Jones, K. Kiprijanov, & L. Sellers (Eds.), *The past, present and future of integrated history and philosophy of science* (pp. 228-247). London: Routledge.
- Park, Y., Park, J. Y., Kim, J., Won, Y. H. (2020). The patterns of scientific collaboration in the field of climate change: the analysis of a co-authorship network and the role of brokers. *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 23(1), 162-180.
- Radder H. (2009). The philosophy of scientific experimentation: a review. *Automated Experimentation*, 1, 1-8.
- Rozin, P. (2005). The Meaning of "Natural": Process More Important Than Content. *Psychological Science*, 16(8), 652-658.
- Schunk, D. H., & Usher, E. L. (2012). Social cognitive theory and motivation." In: Ryan, R.M. (ed.), *The Oxford Handbook of Human Motivation*, New York Oxford University Press, pp. 11-26.
- Seo, D. I., & Oh, H. (2014). A Study of the Interchanging Experiences at the Trading Zone: Focusing on the Case of Interdisciplinary Researchers. *Asian Journal of Education*, 15(2), 111-140.
- Shin, S. C. (2011). Border language and singularity production: The application of Guattari's polysemiotic framework.
- Shin, S., Ha, M., Lee, J. K., Park, H. J., Chung, D. H., & Lim, J. K. (2014). The development and validation of instrument for measuring high school students' attitude toward convergence. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 123-134.
- Song, Y., & Paik, S. H. (2020). Exploring the Research Trend Changes on Convergence Education of Before and After 2011 in Science Education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(5), 531-542.
- Star, S. L. (1989). The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In M. Huhns & L.

- Glaser (Eds.), *Readings in Distributed Artificial Intelligence*. Menlo Park, CA: Morgan Kaufman.
- Star, S. L. (2010). This is not a boundary object: Reflections on the origin of a concept. *Science, Technology, & Human Values*, 35(5), 601-617.
- Star, S. L., & Griesemer, J. (1989). Institutional ecology, 'translations', and boundary objects: Amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertebrate zoology. *Social Studies of Science*, 19, 387-420.
- Stephens, N., Kahn, I., & Errington, R. (2018). Analysing the role of virtualisation and visualisation in interdisciplinary knowledge exchange in stem cell research processes. *Palgrave Communications*, 4(78), 1-13.
- Stephenson, J. (2017). What does energy mean? An interdisciplinary conversation. *Energy Research & Social Science*, 26, 103-106.
- Vincent-Ruz, P., & Schunn, C. D. (2018). The nature of science identity and its role as the driver of student choices. *International Journal of STEM Education*, 5(48), 1-12.
- Vorms, M. (2014). The birth of classical genetics as the junction of two disciplines: Conceptual change as representational change. *Studies in History and Philosophy of Science*, 48, 105-116.
- Wong, S., & Hodson, D. (2010). More from the horse's mouth: What scientists say about science as a social practice. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1431-1463.
- You, H. S., Marshall, J. A., & Delgado, C. (2017). Assessing students' disciplinary and interdisciplinary understanding of global carbon cycling. *Journal of Research in Science Teaching*, 55 (3), 377-398.
- Ziman, J. (2000). *Real science: What it is, and what it means*. Cambridge: Cambridge University Press.

저자정보

이준기(전북대학교 교수)
 황효정(전북대학교 박사과정생)
 백수복(전북대학교 박사과정생)
 신세인(충북대학교 부교수)

[부록] 과학기술 연구자들의 학제간 협업에 대한 어려움 인식 설문지

※ 다음은 여러분이 소속되었다고 생각되는 분야와 **다른 분야와의 협업**에 대한 여러분의 생각을 묻는 문항입니다. 아래의 문항에 어느 정도 동의하는지 해당하는 항목에 0표나 ✓로 표기해 주십시오.

질문	매우 그렇다	그렇다	보통이다	아니다	매우 아니다
다른 분야와의 협업은 새로운 지식 창출에 있어 중요하다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업을 긍정적으로 생각한다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업에서 필요한 능력들을 갖추고 있다고 생각한다.	5	4	3	2	1
내 분야에서 사용되는 전문용어는 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업을 시도할 것이다.	5	4	3	2	1
나는 다른 연구자들에게 다른 분야와의 협업을 적극적으로 추천할 것이다.	5	4	3	2	1
내 분야에서 다루는 전문지식은 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.	5	4	3	2	1
나는 미래에 다른 분야와의 협업을 주도적으로 이끌어 볼 생각이 있다.	5	4	3	2	1
나는 여건이 조성되면 다른 분야와 협업을 할 생각이 있다.	5	4	3	2	1
다른 분야와의 협업은 복잡한 학문적 문제 해결에 중요하다.	5	4	3	2	1
내 분야에서 사용하는 연구방법은 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.	5	4	3	2	1
다른 분야와의 협업은 학문 발전에 있어 중요하다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업의 기회가 생긴다면 주저 없이 참여할 것이다.	5	4	3	2	1
내 분야에서 사용되는 전문용어는 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업에 잘 참여할 것이라 자신한다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업에서 좋은 결과를 낼 수 있으리라 생각한다.	5	4	3	2	1
내 분야의 주요 추론방식은 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.	5	4	3	2	1
다른 분야와의 협업은 사회의 발전에 중요하다.	5	4	3	2	1
다른 분야와의 협업은 나의 연구에 있어 중요하다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업에 자신 있다.	5	4	3	2	1
내 분야에서 사용되는 연구도구의 사용방식은 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.	5	4	3	2	1
다른 분야와의 협업은 다양한 사회 문제 해결에 중요하다.	5	4	3	2	1
내 분야의 주요 가치관은 다른 분야의 사람들이 이해하기 어렵다.	5	4	3	2	1
나는 다른 분야와의 협업을 능숙하게 수행할 자신이 있다.	5	4	3	2	1
다른 분야와의 협업은 나의 개인적인 발전에 있어 중요하다.	5	4	3	2	1

※ 다른 분야와의 협업경험이 있으신가요? ① 있음 ② 없음
 (예: 인공지능 기술 연구 중 국어학자와의 협업, 식물호르몬에 관한 연구 중 토양학자와의 협업)

※ 협업경험은 구체적으로 어떠한 경험이었는지 설명해주시기 바랍니다.

※ 다른 분야와 협업을 하시는 과정에서 혹시 전문용어, 해석방식, 연구(실험) 방법, 도구, 가치관 등이 서로 통하지 않아 힘들었던 경험이 있으신가요? 그렇다면 그러한 경험에 대해 아래에 간략히 서술해주시면 감사하겠습니다.

※ 위의 경험과 같이 융합이나 협업 중 곤란을 겪는 상황에서 이의 해결을 위해 어떤 노력을 해보셨나요? 해당 노력에 대해 간략히 서술해주시면 감사하겠습니다.