

문제기반학습(Problem-Based Learning) 프로그램에서 과학사 및 과학철학 기반 융합 문제를 해결한 이공계열과 인문사회계열 대학생들의 사례연구

이종혁¹, 백종호^{2*}¹서울대학교, ²한국교육과정평가원

A Case Study of Undergraduate Students majoring in Science/Engineering and Humanities/Social Sciences who Solved the Convergence Problem based on History and Philosophy of Science in Problem-Based Learning Program

Jong-Hyeok Lee¹, Jongho Baek^{2*}¹Seoul National University, ²Korea Institute for Curriculum and Evaluation

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 May 2019

Received in revised form

3 July 2019

12 July 2019

Accepted 24 July 2019

Keywords:

History and philosophy of science, Problem-based learning, Convergence teaching-learning program

ABSTRACT

History and philosophy of science has been consistently emphasized in science education for various purposes. In accordance with the introduction of the 2015 revised curriculum, history of science could be implemented for the curriculum; designing well-organized learning strategies is required. This study examines the case of undergraduate students who solved the convergence problem based on history and philosophy of science in the problem-based learning program. In particular, this study tries to find strategies for integrated education by comparing the problem structuring process and the meaning of problem solving experience of science/engineering and humanities/social sciences students. Participants were three students majoring in science/engineering and humanities/social sciences. Participants constructed and solved their own convergence problems by integrating the domains that were familiar to them into history and philosophy of science. While the process of structuring the problems and the use of history and philosophy of science were similar, there were differences between the science/engineering and humanities/social sciences students' point of view on history and philosophy of science and the other domain which they choose. Moreover, there were differences between the two group's meanings of problem solving experience. Finally, based on the results of this study, history and philosophy in science provided some implications in the context of science education and integrated education.

1. 서론

오래전부터 ‘탈경계’, ‘융합’과 같은 용어는 미래사회를 설명하는 핵심 키워드로 소개되어왔으며, 이미 현대 사회는 다양한 분야가 서로 밀접하게 영향을 주고받고 있다. 따라서 인문학적 소양을 갖춘 이공계열 학생, 과학기술 분야의 활동에 참여 가능한 인문사회계열 학생을 길러내는 교육의 필요성 또한 커지고 있다. 이러한 흐름에 발맞추어 2015 개정 교육과정에서는 문과와 이과의 경계를 허무는 것을 주요 특징으로 제시하고 있는데, 특히 진로선택 과목을 다양하게 개설함으로써 학생들이 다양한 교과 내용을 선택적으로 학습할 수 있도록 안내하고 있다. 이 중에서 눈길을 끄는 과목인 ‘과학사’는 “과학의 역사와 그것을 이해하는 틀로서의 과학철학으로 구성”되었으며, “과학의 본성 및 사회적 특성을 이해하기 위한 과목”이다(Ministry of Education, 2015).

많은 선행연구는 과학교육 맥락에서 과학사와 과학철학적 접근이 중요한 이유를 다양하게 제시하고 있다. 먼저, 과학사적인 사례들을 이용한 접근은 이전의 과학 전략을 안내할 수 있고(Conant, 1953), 과학개념의 이해에도 도움이 된다는 연구들이 보고되고 있다(Yoo,

Yeo, & Hong, 2007). 또한, 과거의 문제 해결 사례들로부터 과학적 창의성을 신장할 수 있으며(Kim, Seo, & Park, 2013), 과학의 본성에 대한 이해를 돕는다는 주장(Solomon *et al.*, 1992; Song, & Kwon, 1992; Kim, & Kim, 2013) 등은 과학사를 통한 과학학습의 당위성을 강조한다. 이뿐 아니라 과학과 관련된 가치 판단의 경험을 제공할 수 있어 과학 관련 문제를 인지하고 윤리적 측면을 학습하는 데 도움이 된다는 주장들도 있다(Choi, & Cho, 2003; Shin, & Shin, 2012). 하지만 Lim, & Shin(2014)의 연구에서 과학이야기 읽기는 과학적 개념을 내포하는 단어와 내용, 평소 잘 사용하지 않는 고유명사 등의 이유로 인해 학생들에게 오히려 걸림돌로 작용할 수 있다고 보고한 바와 같이, 단순한 사례로서의 과학사 도입은 과학에 대한 이해에 기대했던 효과를 거두기 어려우므로 전략적 접근이 요구된다(Kang, Kim, & Noh, 2004).

과학사·과학철학 내용을 과학교육에 효과적으로 활용하기 위해 연구자들은 다양한 전략을 시도해왔다. 읽기 자료로 활용하는 것뿐만 아니라, 학습자들이 과학사 소재를 이용해 소집단 토론 활동을 하거나(Kang, Kim, & Noh, 2004), 직접 관련 자료를 찾고 탐색하는 활동(Seo, Lee, & Jho, 2017), 실험과정 따라하기와 연극하기 등의 다양한

* 교신저자 : 백종호 (hll14@kice.re.kr)

** 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A8018700)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.4.499>

활동을 연계하는 프로그램을 개발한 사례가 있다(Kang, & Shin, 2011). 또한, Jeong, & Noh(2017)는 자유탐구 프로그램에 과학사를 활용함으로써 초등학생들이 탐구 능력 중 가설설정 능력 향상에 도움이 되었다고 보고했으며, Park, & Yoo(2013)는 고등학교 부설 영재학급의 학생들을 대상으로 역시 과학사를 기반으로 하여 탐구 프로그램을 운영하였을 때, 과학이 무엇인가에 대한 학생들의 이해에 도움이 되었다고 보고했다. 즉, 적절한 전략을 선택할 수 있다면 과학사·과학철학은 과학교육을 더욱 풍성하게 만들 수 있는 것이다.

과학사·과학철학의 내용은 과학개념만을 다루는 것이 아니며, 과학과 인문학을 서로 연결해주는 학문이 될 수 있다(Butterfield, 1957). 이를 위해 시대적 배경이나 다른 분야에서 발생한 역사적 사실 등이 과학과 어떻게 상호작용하였는지를 설명하여 다양한 학문 분야가 어떻게 연계될 수 있는지 드러낼 필요가 있으며(Lee, & Shin, 2011), 환경 문제와 같이 본래 융합적 특성을 갖는 학문 분야는 과학사 요소를 효과적으로 도입할 수 있다(Lee, & Shin, 2015). Park, Chung, & Park(2016)의 연구는 융합교육을 위해 과학사의 활용이 긍정적인 것이라는 초등교사들의 인식은 학교 현장에서 역시 이러한 접근 방법에 대해 필요성을 느끼고 있다는 점을 드러낸다. 2015 개정 교육과정에는 ‘과학사’ 교과가 교육과정 내에 별도의 교과목으로 편성되었으므로 학교 교육 상황에서 과학사·과학철학 내용을 다양하게 활용할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

이러한 맥락에서 문제기반학습(Problem-Based Learning; PBL)은 과학사·과학철학 내용을 과학교육에 접목하는 하나의 전략이 될 수 있다. PBL은 문제에 대한 이해나 해결책을 향한 활동 과정에서 이루어지는 학습이며(Barrows, Tamblyn, 1980), 단순한 하나의 교수 방법이 아니라 문제해결(Problem Solving), 시나리오기반학습(Scenario-Based Learning), 프로젝트기반학습(Project-Based Learning), 사례기반학습(Case-Based Learning), 액션러닝(Action Learning) 등을 포함하는 광범위한 교수학습 모형을 의미한다(Kim, 2012). PBL에서 활용할 수 있는 문제의 유형은 문제를 해결하기 위해 필요한 지식의 범주에 따라 크게 네 가지로 나뉘볼 수 있는데(Schmidt, & Moust, 2000), 첫째는 현상을 이해하고 설명하기 위해 ‘설명적·인과관계적 지식’이 필요한 문제(Explanation problems), 둘째는 어떠한 상황에 맞게 행동하는 방법과 전략을 탐구하기 위해 ‘절차적·전략적 지식’이 필요한 문제(Strategy problems), 셋째는 사실관계를 정리하기 위해 ‘선언적·서술적 지식’이 필요한 문제(Fact-finding problems), 넷째는 개인의 도덕적 딜레마를 다루기 위해 ‘개인적·주관적·규범적 지식’이 필요한 문제(Moral dilemma problems)이다. PBL에 적합한 문제 유형으로는 문제가 분명하게 형성되어 있지 않고, 다양한 방식으로 해결될 수 있는 ‘비구조화된(ill-structured)’ 문제가 적절하므로(Cho, 2006), 경우에 따라서는 학습자가 문제를 해결하기에 앞서 문제를 구조화하는 과정을 거치기도 한다. PBL의 가장 큰 강점은 학습자가 비구조화된 문제를 해결하고자 도전하는 과정에서 자기 주도적 학습이 촉진된다는 것이다(Hung, 2015). 또한, 교과 내용에만 한정된 ‘구조화된(well-structured)’ 문제가 아닌, 살아가는 인간의 의문, 호기심 등에서 출발한 실제 문제에서 출발하기 때문에 다양한 교과 지식이 융합된 학습이 가능하다(Cho, 2001).

본 연구는 PBL 프로그램에서 과학사·과학철학 기반 융합 문제를 해결한 대학생들의 사례를 살펴보았다. 특히 이공계열 학생들과 인문

사회계열 학생들의 문제 구조화 과정과 해결 경험의 의미를 비교해봄으로써 과학사·과학철학이 각 집단 학생들의 PBL 과정에서 어떤 역할을 할 수 있는지 확인해보고자 했다. 그리고 이를 통해 융합형 인재 양성을 위한 문·이과 통합 교육의 가교로서 과학사·과학철학이 가질 수 있는 시사점을 도출하고자 했다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 이공계열 및 인문사회계열 학생들의 과학사·과학철학 기반 융합 문제 구조화 과정에는 어떤 특징이 있는가?

둘째, 이공계열 및 인문사회계열 학생들에게 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 경험은 어떤 의미가 있었는가?

II. 연구 맥락

1. PBL 프로그램

본 연구는 경기도 소재 대학교에서 진행되는 PBL 프로그램에 초점을 두고 진행하였다. 해당 프로그램은 대학 내에서 개설되는 별도의 강의는 아니며, 학생들이 자신의 이수 규정과 무관하게 신청하여 참여하는 형태이다. 다만 우수한 산출물을 제출한 학생에게 소정의 장학금 또는 상품을 시상함으로써 학생들의 참여를 독려한다. 이 프로그램에서 학생들은 다양한 분야의 학문 영역을 기반으로 융합 문제를 제안하고 해결하도록 안내받는다. 특히 활용하는 학문 영역은 학생 자신이 프로그램 참여 당시 수강 중이거나 과거에 수강했던 둘 이상의 강의를 자유롭게 활용할 수 있다. 이 프로그램에서 학생들은 Figure 1과 같이 둘 이상의 강의를 선정하여 해당 강들에서 다루는 지식, 기술, 방법 등을 활용해 하나의 문제를 제안하고 구조화하여 해결한다. 그리고 학기 말에는 문제 해결 결과를 포스터의 형태로 발표하고 보고서로 제출한다(Baek, 2016).

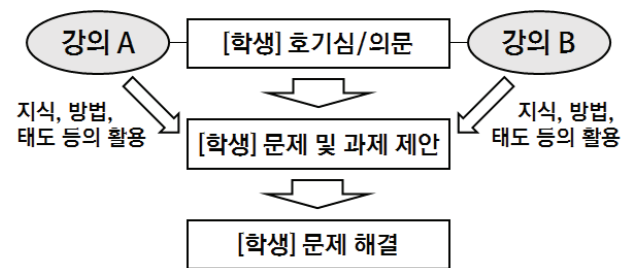


Figure 1. Problem-Based Learning(PBL) program focused on this study (Baek, 2016)

한 학기 동안 비교적 장기적으로 진행되는 이 프로그램에서 학생들은 둘 이상의 강의에서 학습한 내용을 융합해야 하므로 그들이 초기에 제안하는 문제가 분명하지 않고 해결방안도 뚜렷하지 않아 활동에 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 중도탈락하는 불상사를 막고자 학생들은 선택한 강의 분야 전공 교수의 자문을 구할 수 있게 되어있으며, 이를 통해 호기심이나 의문 수준으로 머물던 초기 문제가 PBL 프로그램이 진행되면서 더욱 구체적이고, 구조화된 문제로 만들어진다. 이러한 프로그램의 특성은 여러 PBL 유형 중 문제 해결 과정이 지식 습득보다는 지식 적용에 초점이 맞춰져 있는 프로젝트기반학습(Project-Based Learning)에 가깝다(Hung, 2015).

2. 연구참여자

본 연구에서는 PBL 프로그램에 참여하여 과학사·과학철학의 내용으로부터 출발한 융합 문제를 구조화하여 해결하는 전 과정을 전체적으로 살펴봄으로써 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 과정에서 문제 구조화 과정의 특징과 활동 경험의 의미를 해석하고자 했다. 따라서 2016년 2학기에 해당 프로그램에 참여한 학생 중, 과학사·과학철학 관련 강의, 즉 ‘과학사’와 ‘과학과 철학’ 강의를 타 강의와 융합한 19명의 학생 중에서만 참여자를 모집하였다. 연구 참여 의사를 밝힌 학생 중, 이공계열과 인문사회계열 전공 학생들을 비교하려는 연구문제를 고려하여 이공계열 학생과 인문사회계열 학생을 각각 3명씩, 총 6명의 연구참여자(참여자)를 최종 선정하였다. 각 참여자의 주요 정보는 Table 1에 제시하였다.

참여자(참여자)들의 학년은 2학년부터 4학년까지 다양하였고, 인문사회계열의 학생들은 모두 다른 학과에 재학 중이었으나, 이공계열 학생 중 2명은 같은 학과(전자공학과)에 재학 중이었다. 이들은 모두 자료 수집 당시 ‘과학사’ 또는 ‘과학과 철학’ 강의를 수강하고 있었으며, 그 이전에는 과학사·과학철학 분야의 강의를 이수한 적이 없었다. 참여자 마는 이전에도 같은 프로그램에 다른 융합 문제로 참여한 경험이 있었으며, 나머지 5명의 참여자는 이와 유사한 PBL 프로그램 혹은 프로젝트의 경험이 없었다.

연구참여자(참여자)들은 ‘과학사’ 또는 ‘과학과 철학’ 강의를 수강하면서 각 강의에서 학습한 내용을 기반으로 융합 문제를 구성하고 해결하였으며, 이 과정에서 자신이 수강하고 있는 ‘과학사’ 또는 ‘과학과 철학’ 강의를 담당하는 교수로부터 자문을 받았다. ‘과학사’ 강의에서는 고대 그리스의 과학에서부터 중세, 르네상스 시기, 근대 과학혁명, 20세기의 과학까지의 흐름을 제시하였고, 과학의 연구방법과 배경 철학을 부가적으로 다뤘다. ‘과학과 철학’ 강의에서는 과학적 방법론과 귀납주의, 반증주의 및 쿤(Kuhn)의 이론을 역사적 사실 및 과학의 발전을 결들여 학생들에게 전달하였다. 즉, 각 강의의 주요 맥락은 약간의 차이가 있었으나, 참여자들은 큰 틀에서 유사한 내용을 기반으로 자신만의 융합 문제를 구성하였다.

한편, 초기 연구 설계에는 본 프로그램 활동 전후로 과학에 대한 인식론적 관점의 변화를 양적으로 살펴보는 과정이 포함되어 있었다. 따라서 프로그램이 본격적으로 시작되기 전에 참여자(참여자)들의 과학에 대한 인식론적 관점을 살펴보고자 Tsai, & Liu(2005)가 개발한 설문지를 수정하여 설문을 시행했다. 하지만 면담 과정에서 파악한 참여자(참여자)들의 과학에 대한 인식론적 관점은 설문 결과와 일치하지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구자(참여자)들은 면담과 설문 중에서 더 오랫동안 친밀하게 진행되는 면담의 신뢰성이 더 높다고 판단하여 융합 문제 해결 경험을 듣는 면담을 통해 과학에 대한 인식론적 관점을 살펴보는 것으로 연구 계획을 변경했다. 설문 자료는 면담의 질문을 구성할 때 참고자료로만 활용했다.

3. 자료 수집 및 분석

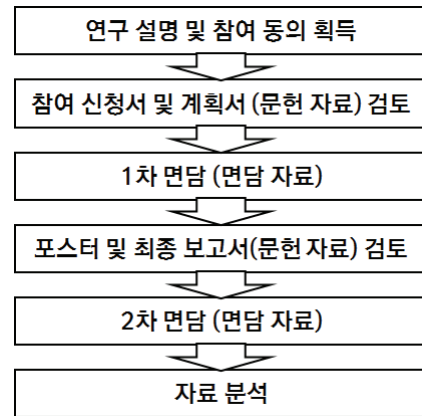


Figure 2. Research process

본 연구에서는 참여자(참여자)들이 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 활동을 수행하는 과정에서 드러난 특징을 파악하기 위해 문헌 자료와 면담 자료를 활용하였다. 전반적인 연구 과정과 참여자(참여자)들의 자료 수집 순서는 Figure 2에 제시하였다. 문헌 자료에는 참여자(참여자)들이 작성한 프로그램 참여 신청서 및 계획서, 최종적인 문제 해결 결과를 제시한 발표 포스터와 결과 보고서가 있다.

문헌 자료는 참여자(참여자)들이 초기에 제안했던 문제와 최종적으로 구성이 완료된 문제를 확인하고, 문제 해결 결과의 특징을 살펴보는 용도로 이용하였다. 구체적으로는 불완전한 형태의 비구조화된 문제는 참여 계획서를 통해 확인하고, 포스터와 결과 보고서를 통해 구조화가 완료된 문제와 해결 결과를 종합적으로 이해하였다. 참여자(참여자)들의 문제 해결 결과가 과학사·과학철학 내용에 기반하고 있는지는 해당 프로그램을 이해하고 있는 철학 전공자 2인이 검토해주었다.

면담은 문제를 변경하게 된 이유나 배경과 같이 문헌 자료에서 확인할 수 없는 사항을 심층적으로 이해하기 위해 실시하였다. 즉, 참여자(참여자)들이 과학사·과학철학 기반 문제를 처음 고안하여 수정하며 해결하는 과정 중에 내린 중요한 의사결정을 이해하기 위해 실시하였다. 또한, 과학사·과학철학의 내용과 자신의 문제 사이의 관련성을 확인할 수 있도록 면담 과정을 구성하였다. 따라서 각 면담은 충분히 자신의 문제 해결 과정을 설명할 수 있도록 각 문헌 자료 제출 이후 일주일 이내에 이루어졌다. 면담은 문제 구조화와 해결 과정에 대해 상세히 묻고, 이러한 경험이 자신에게 끼친 영향을 진술할 수 있도록 반구조화된 질문을 활용하였다. 1차 면담은 참여 신청서 및 계획서 제출 이후에 진행하였다. 각 참여자(참여자)는 자신의 문제에 대한 첫 아이디어가 어떻게 도출되었는지, 그리고 계획서를 작성하는 과정에서 어떻게 변화하였는지 이야기했다. 이와 함께 평소 자신이 가지고 있던 과학에 대한 인식론적 관점을 물었으며, 자신과 과학과의 관련성도

Table 1. Information of the participants

참여자	가	나	다	라	마	바
전공 계열		이공계열			인문사회계열	
전공	전자공학	응용화학 생명공학	전자공학	영어영문학	행정학	경영학
활용 강의1	과학과 철학	과학과 철학	과학사	과학사	과학사	과학사
활용 강의2	전자기학	생물학	전자공학 운영체제	조선실록과 민간역사	프랑스어권의 문화와 예술	음악의 세계

확인하였다. 2차 면담은 결과 보고서 제출 이후에 진행하였다. 참여자 자신의 문제와 해결 과정과 결과에 대해 상세히 설명하도록 면담을 구성하였고, 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 활동이 자신에게 미친 영향, 과학에 대한 인식론적 관점의 변화 등을 종합적으로 확인하였다. 각 면담은 1시간 30분 전후로 녹음과 함께 진행되었고, 면담을 마친 직후 녹음본을 연구자가 직접 전사하였다.

수집한 자료를 분석하기 위해 연구참여자별 PBL 프로그램 활동 과정을 시간 흐름에 따른 하나의 이야기로 만드는 작업을 수행했다. 하나의 이야기로 만드는 작업을 선행한 이유는 참여자들의 사례를 개별로 집중하여 활동 과정에서 일어난 의사결정과 경험의 의미를 구체적으로 이해하기 위함이다(Yin, 2003). 각 연구참여자의 이야기를 구성함으로써 본 연구의 첫 번째 연구문제인 ‘융합 문제 구조화 과정’을 드러내고자 했다. 이를 통해 연구참여자 개인의 융합 문제 해결 사례를 깊이 있게 이해한 뒤, 참여자별로 Figure 3과 같은 형태의

개념도를 만들었다. 개념도는 활동 과정을 첫 아이디어를 제안한 초기 단계, 지도교수와 상의를 통해 융합 문제를 구조화하고 활동 계획을 점검받은 승인 단계, 융합 문제를 해결하고 산출물을 제출하는 최종 단계까지 총 3단계로 구분하여 정리하였다. 또한, 연구참여자들이 갖고 있는 과학, 과학사·과학철학에 대한 전반적인 인식과 PBL 프로그램 활동을 통해 느낀 바를 별도로 정리하여 의사결정 단계에서 영향을 미친 요소나 활동 경험을 통해 변화한 요소를 파악하고자 했다. 연구참여자에 따른 개념도 작성을 완료한 후, 각 개념도를 서로 비교하며 모든 연구참여자에게 나타나는 공통적 특징, 그리고 연구참여자의 전공에 따라 나타나는 핵심적인 특징 등을 결정했다. 이는 본 연구의 두 번째 연구문제인 ‘참여자의 전공에 따른 융합 문제 해결 경험의 의미’를 드러내기 위한 작업이었다. 모든 분석 과정에서 연구자들은 참여자들의 문헌 자료와 면담 자료를 반복적으로 읽으면서 지속적으로 합의 과정을 거쳤다.

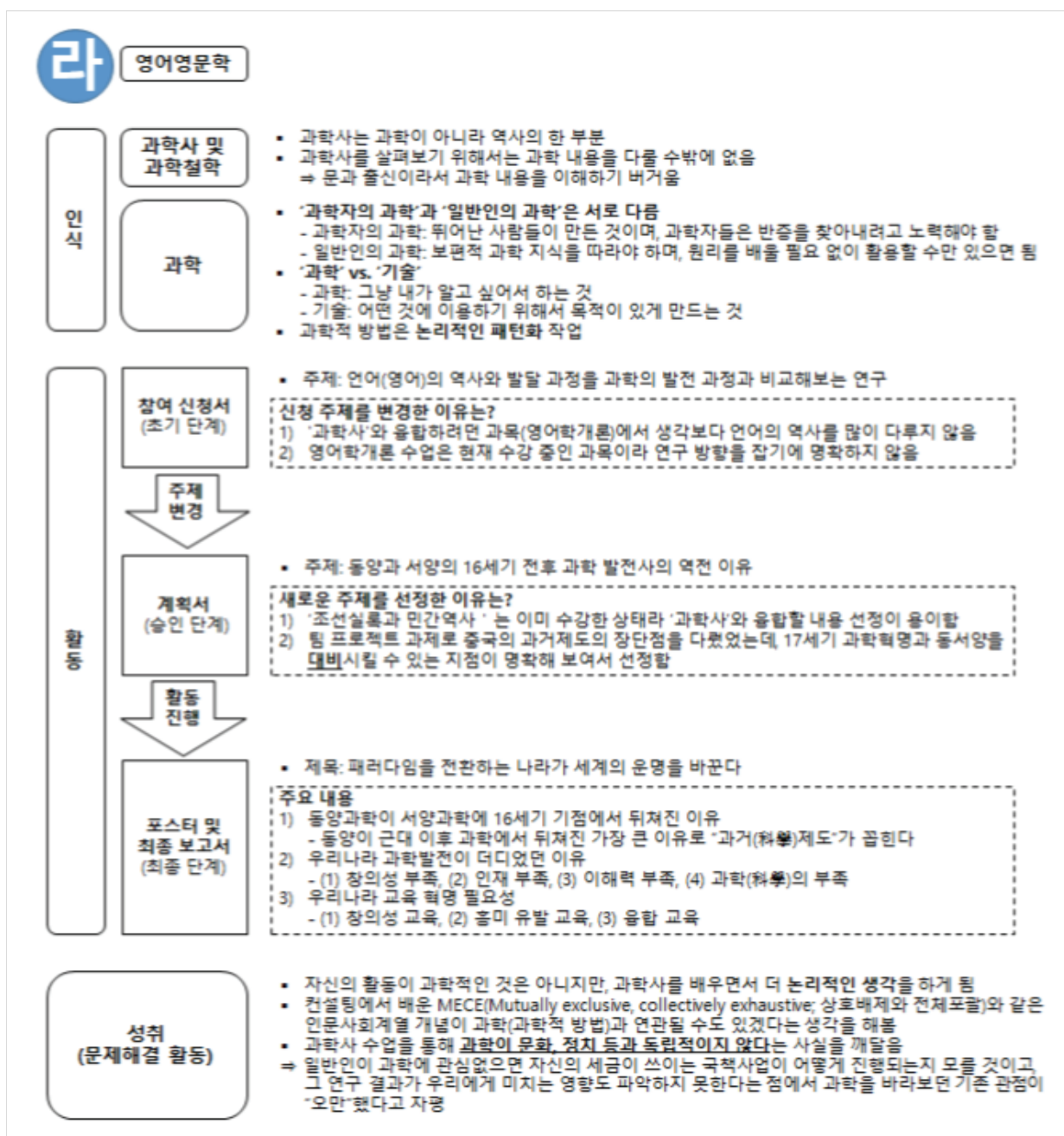


Figure 3. An example of problem finding and solving concept map

Table 2. Subjects of the participants' convergence problem-solving activity

구분	참여자	활용 강의	활용 개념	문제
이공계열	가	과학과 철학 전자기학	패러다임 맥스웰 방정식	맥스웰 방정식은 고전역학을 계승한 것인가, 새로운 패러다임인가?
	나	과학과 철학 생물학	과학-비과학 구획문제 진화론	진화론과 지적설계론 중에서 어느 것이 더 과학적일까?
	다	과학사 전자공학 운영체제	현대과학의 역사 운영체제 이론	운영체제 이론의 역사를 살펴보는 것이 Big Data 분석의 정확성을 높이는 데 도움이 될 수 있을까?
인문사회계열	라	과학사 조선실록과 민간역사	동양의 과학사 조선의 과거(寡居)제도	과거(寡居)제도가 우리나라의 과학 발전에 어떤 영향을 줬을까?
	마	과학사 프랑스어권의 문화와 예술	데카르트의 철학 베르사유 궁전	데카르트의 철학이 베르사유 궁전 건축에 영향을 미쳤을까?
	바	과학사 음악의 세계	근대(16~17세기) 과학혁명 바로크 음악	비슷한 시기에 일어난 근대 과학혁명과 바로크 음악의 발전 사이에 연관이 있을까?

III. 연구 결과 및 논의

6명의 연구참여자가 수행한 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 활동은 각각의 특징이 있었다. 이를 드러내기 위해 우선 각 참여자의 융합 문제 해결 사례를 구체적으로 살펴본 후, 이공계열 및 인문사회계열 학생들의 융합 문제 해결 특징을 비교해보기 위해 문제 구조화 과정과 문제 해결 경험의 의미를 정리하였다. 각 참여자가 구성한 문제는 PBL에서 활용하는 문제 유형 중 설명적·인과관계적 지식을 중심으로 하는 문제이며(Schmidt, & Moust, 2000), 문제가 다양한 방식으로 해결될 수 있는 비구조화된 형태를 띤다(Jonassen, 1997). 참여자에 따라 융합 문제를 구성하는데 활용한 강의 및 개념과 문제를 Table 2에 정리하였다.

1. 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 사례

가. 이공계열 연구참여자의 문제 해결 사례

(1) 참여자 가 : “맥스웰 방정식 : 전자기를 통한 새로운 패러다임의 출현”

참여자 가는 본인의 생각에 “엄청 소심”한 성격의 소유자이지만, 군에서 갖 제대한 복학생이라 의욕을 갖고 본 프로그램에 참여한 남학생이다. 그가 최초로 융합하고자 시도했던 두 과목은 ‘과학과 철학’, ‘신호 및 시스템’이었다. ‘신호 및 시스템’ 과목을 선정한 이유는 군에서 통신병으로 근무하며 “통신하기 위해서 선을 까는” 작업을 하다 보니 통신 네트워크가 삶의 수준을 높인다는 것을 체감했기 때문이다. 그리고 이공계와 인문학의 융합을 위해 ‘디지털 신호’와 같은 공학적 신호 개념과 ‘가정불화의 신호’와 같은 인문사회적 신호의 유사성을 연결해보겠다는 아이디어로 계획서를 제출했다.

하지만 문제를 구체화하는 과정에서 스스로 공학적 신호 이론에 대한 이해도가 부족하여 자칫 “수박 겉핥기”로 활동이 끝날 수 있다는 불안감을 느낌과 동시에, 신호와 관련된 이론은 “나온 지 얼마 안 된 개념”이라서 하나의 공고한 이론이라고 보기에는 무리라고 판단했다. 이 때문에 ‘신호 및 시스템’ 대신에 역사가 깊은 ‘전자기학’이라는 과목으로, 그 안에서도 공학적인 신호 개념의 근본이 되는 이론인

‘맥스웰 방정식’을 쿤의 ‘패러다임’ 개념으로 해석해보는 것으로 문제를 변경했다.

참여자 가는 포스터 및 최종 보고서를 통해 기존에 강력한 영향력을 발휘하고 있던 뉴턴의 패러다임으로 해결하지 못했던 전기와 자기 현상의 통합을 맥스웰이 해냈다고 정리했다. 이때 그가 강조한 바는 지동설이 천동설을 완전하게 대체한 것과는 달리, 맥스웰 방정식이 뉴턴 역학을 사장시키고 독점적인 패러다임으로 자리한 것이 아니라는 점이다. 즉 쿤에 따르면 정상과학의 위기에서 새로운 패러다임이 인정받았을 때 기존의 패러다임이 사장되는 ‘혁명’이 일어나지만, 맥스웰 방정식은 뉴턴 역학을 대체하지 못했다. 하지만 전자기학이라는 공고한 학문 분야를 만드는데 맥스웰 방정식은 큰 역할을 했으므로 이를 “새로운 패러다임의 출현”으로 해석해야 하며, 맥스웰 방정식과 뉴턴 역학이라는 두 패러다임이 공존 가능하다는 점에서 쿤이 제안한 패러다임 개념의 한계를 보여주는 사례라고 주장했다.

쿤의 패러다임론에 따르면 [...] 두 이론은 경쟁상태가 되어 한쪽이 사장되어야 한다. [...] 그렇지만 상대성이론도 맥스웰 경우와 같이 뉴턴 역학은 뉴턴 역학대로, 전자기학은 전자기학대로, 현대물리학은 현대물리학대로 오늘날 그 지위를 굳건히 하고 있기 때문에 쿤의 패러다임론은 한계를 보여주고 있다.

[참여자 가, 보고서에서 발췌]

참여자 가는 본 활동을 통해 “우리의 과학이 어떤 식으로, 어떻게 바뀌어 왔으며, 지금 어떤 게 우리를 지배”하고 있는지를 고찰하였고, 전자기학에서 배우는 내용이 과학사적으로 갖는 의미뿐만 아니라, 수식의 추상적인 세계에서 벗어나 물리적으로 어떤 구체적인 의미를 내포하고 있는지를 깨달을 수 있었다고 밝혔다. 덕분에 전자기학 중간고사 성적보다 기말고사 성적이 “월등히” 좋아졌으며 무척 만족했다. 또한, 단순히 교과서의 연습문제를 풀기 위해 맥스웰 방정식을 활용하는 것이 아니라, 비행기에 번개가 칠 때 “왜 비행기 안에 있는 사람들은 감전이 되지 않을까?”를 고민하는 등의 일상생활에서 만날 수 있는 자연 현상을 과학개념과 연결해보려는 노력에서 시작하여, 더 나아가서는 영화에 나오는 “전기 채찍”의 구현 가능성을 따져보는 비교적 열려있는 질문을 던져보는 등 “세부 분야 말고도 그 전체에 대해서 견해가 넓어”졌다고 평가했다.

참여자 가의 문제 해결 과정을 살펴보면 크게 두 가지 특징이 눈에 띄었는데, 첫째로 과학은 수학적으로 표현 가능해야 하며 특정한 정답이 있다는 신념이 드러난다는 점이다. 그가 과학적 패러다임으로 간주한 뉴턴 역학과 맥스웰 방정식 모두 간결한 수식으로 표현되며, 반대로 수식으로 표현할 수 없는 ‘과학철학’의 경우에는 비록 과학 내용을 다루기는 하지만 인문학이라고 평가했다는 점이 인상적이었다. 둘째로, 본 활동 경험을 통해 과학에 대한 전문성을 높이고자 했다는 것이다. 전자공학 전공자에게는 기초 소양으로 자리 잡은 ‘맥스웰 방정식’이 어떤 변천을 거쳐 왔는지 과학철학적으로 살펴봄으로써 단순히 분과 학문만으로 공부하는 것과 비교하여 넓은 시각에서 내용을 이해하고자 노력한 것이다.

(2) 참여자 나 : “과학철학적 관점에서 본 진화론과 지적설계론”

참여자 나 는 “중학교, 고등학교, 대학교를 계속 이과로” 살아온 여학생이다. 전공은 응용화학생명공학이지만 소비자 가전 전시회 (Consumer Electronics Show; CES)에서 ‘헬스케어’ 분야의 웨어러블 기기에 매료되어 IT 분야를 복수전공 하는 등 과학기술 분야 내의 융합에 이미 큰 관심을 두고 있었다. 활동 초기에는 지금까지 대학 생활 중 다양한 실험 과목을 수강하며 작성했던 실험 보고서를 재검토함으로써 ‘과학 이론을 증명했던 실험들에 대해 고찰’해보는 아이디어를 제안했다.

그러나 실험 보고서를 분석하는 활동은 과학에만 초점이 맞춰져 있어서 과학철학의 요소를 접목하기 어려우며, 자칫 대학에 다니며 수행한 실험을 반성하는 수준에서 그칠 우려가 있다는 지도교수의 조언을 받아들여 융합 소재를 변경하기로 했다. 그녀는 과학철학적 분석을 강조하기 위해 ‘과학이냐 아니냐’를 논쟁할 수 있는 소재를 탐색했고, 미션스쿨을 다니던 고등학생일 당시 “진화론만 가르치면 안 된다, 창조론도 가르쳐야 된다”라는 학교방침에 따라 수행했던 창조론 조사 과제를 떠올렸다. 그리고 어느 정도 익숙한 ‘창조론’을 ‘진화론’과 비교하는 문제를 선정했다. 이후 활동 과정에서 창조론 대신 좀 더 세련돼 보이는 ‘지적설계론’을 진화론의 비교 대상으로 설정하였으나 자신의 종교적 신념과 과학철학적 분석이 갈등을 빚었기 때문에 활동 과정은 순탄치 않았다.

저는 종교를 가지고 있으니까 지적설계론도 믿는 것 같기는 한데, 믿는 게 과학적으로, 과학철학적으로 분석을 하려고 하면 ‘이게 과학이 아닌 것 같아...’ 그러니까 이제 두 가지에서 전 했갈리는 거죠. [...] 종교적 백그라운드 가지고, ‘난 지적설계론이 과학인 것 같아’라고 말을 해야 되는 건지, [...] 아니면 이게 과학적으로 분석을 했을 때, 진화론보다는 믿는 논리 구조, 근거 그런 게 약하니까 ‘과학이 아니다’라고 얘기하는 게 맞는 건지.

[참여자 나, 1차 면담에서 발췌]

참여자 나 는 최종적으로 “과학철학적 관점에서 본 진화론과 지적설계론”이라는 제목으로 발표를 했으나 자신의 솔직한 생각을 온전히 보고서에 신지는 못했다. 그녀는 비과학이라고 폄하되는 지적설계론도 “나름의 논리”가 있다고 생각했지만, 지도교수는 “너무나도 당연하게” 과학이 아니라고 생각했기 때문이다. 결국, 객관적 관찰 내용과 확증 사례(귀납주의), 반증 가능성(반증주의), 각 패러다임이 과학 발전에 기여한 정도(패러다임) 등의 측면에서 분석해보면 진화론이 지

적설계론보다 과학적이라고 결론을 내리면서도, 환원주의 속성을 내포하는 진화론의 한계를 언급하며 활동을 마무리했다.

화학적 구성으로부터 특정한 기능을 가진 생물학적 속성이 창발될 수 있는지, 인간이 가지고 있는 비물리적 특성인 영혼까지도 물리적 속성으로 환원 가능한 것인지 곰곰이 생각해봐야 한다. 궁극적으로 진화론은 이와 같은 근본적인 질문에 답을 해야 할 것이다.

[참여자 나, 보고서에서 발췌]

참여자 나에게 융합형 문제 해결 프로그램은 자신의 견해를 조리 있게 표현하지 못하고 뻔하게 느껴지는 결론을 낼 수밖에 없었다는 점에서 일말의 아쉬움이 남는 활동이긴 했으나, 딜레마 상황 속에서 고민을 거듭했던 경험이 자신에게 분명히 영향을 끼쳤다고 평가했다. 다른 사람이 얘기한 것을 곧이곧대로 받아들이지 않고 조금 더 심사숙고하게 된 것, 더 나아가 확실한 지식을 제공한다고 믿었던 과학조차도 완벽하지 않고 계속 변해왔다는 사실을 깨달으면서 새로운 과학 내용을 배우더라도 더 깊게 생각해 보는 자세를 갖게 됐다는 것이다.

참여자 나 의 문제 해결 과정에서 가장 도드라졌던 특징은, ‘과학 이론은 실험으로 증명되는 것’이라는 인식이 기저에 깔려있다는 것이다. 결과적으로 학문적인 권위에 기반을 둔 해석을 따르기는 했으나, 그녀가 진화론과 지적설계론을 모두 과학으로 묶을 수 있다고 느낀 이유는 ‘보일의 법칙’이나 ‘샤를의 법칙’ 등과는 달리 진화론과 지적설계론 모두 실험으로 증명되지 않았기 때문에 아직 승패가 정해지지 않은 “쟁쟁이론” 관계라고 생각했기 때문이다.

(3) 참여자 다 : “Big Data 분석으로 정확한 예측이 가능한가?”

참여자 다 는 고등학교까지 문과였고 대학도 인문계열 자유전공으로 입학했으나, 수업을 듣다 보니 공학 쪽 공부가 잘 맞고 전자과의 세련된 이미지가 마음에 들어서 전자공학으로 전공을 변경한 남학생이다. 이러한 배경 때문에 주변 동기들보다 수학, 과학의 기초 지식이 부족하다고 느끼고 뒤처지지 않기 위해 전과 직후 약 1년 동안은 “학교를 다녔다는 기억이 없다”라고 할 정도로 집과 강의실, 그리고 도서관만 오가며 새벽까지 공부했다고 회상했다.

그는 프로그램 참여 과정에서 전공 분야의 대학원에 합격했는데, 자신이 장래에 연구할 분야가 뚜렷했기 때문에 다른 참여자들과는 달리 처음에 선정한 융합 소재로 활동을 지속하여 최종 발표까지 마쳤다. 그의 문제는 인터넷 포털 사이트에 달린 댓글을 통해 느끼는 여론과 실제 여론이 다른 경우가 많다는 개인적인 문제의식에서부터 출발했다. 특히 2016년 미국 대통령 선거에서 대부분의 여론조사를 뒤집고 도널드 트럼프가 대통령에 당선된 사례를 예로 들며, 빅데이터(big data) 분석을 통한 예측이 과연 사람들의 “숨은 의도”를 드러낼 수 있을 것인가에 회의감을 갖게 됐다고 말했다. 즉 통계학의 패러다임에 따라 표본 수를 대폭 늘려 통계적 예측의 오차를 줄이려는 시도만으로는 예측에 한계가 있다는 것이다.

참여자 다 는 이러한 문제를 극복하기 위해서는, 현대과학이 발전하는 과정에서 예측의 정확성을 높이는 데 성공한 패러다임의 전환이 있었듯이 통계학에도 패러다임의 전환이 필요하며, 특히 자신이 대학원에서 전공할 ‘운영체제’ 이론의 발전사를 살펴보면 통계적 예측의 정확성을 높이는 방법의 실마리를 얻을 수 있다고 주장했다. 그 예로 CPU 성능 향상 속도에 비해 메모리의 발전속도가 느려서 생기는 문

제를 해결하고자 첫째, 빠른 메모리와 느린 메모리를 적절히 조합하여 계층화시킨 메모리 계층 구조(memory hierarchy) 도입, 둘째, 최근에 접근했던 데이터와 해당 데이터 인근에 접근할 가능성이 높다는 지역성(locality) 개념을 적용한 사례를 들었다.

운영체제에서는 CPU와 memory의 발전속도 차이로 인해 성능의 문제가 생겼지만 memory hierarchy를 구성하고 locality의 개념을 도입하여 속도에 대한 문제를 해결할 수 있었다. Big data 분석도 마찬가지이다. Data에 의한 분석은 단순히 표면에 드러난 값들에 대한 통계적 수치를 보여줄 뿐이다. 숨은 의도까지 파악하기 위해선, 단순히 데이터 분석 이외에 다른 방법을 사용해서 현상을 뒷받침하기 위한 근거로 사용해야 할 것이다.
[참여자 다, 포스터에서 발췌]

그는 융합형 문제 해결 프로그램에 참여한 경험을 통해 크게 세 가지 성취를 이야기했다. 첫째로, 과학기술 분야의 교과서에서 세부적으로, 하지만 조각조각 공부했던 과학개념과 과학자의 성취를 “머리를 식히면서도” 하나의 흐름으로 이해하는 기회가 되었다고 말한다. 둘째로, 과학과 공학 쪽에서는 항상 “최적화된 답이 이미 있어서 이 최적화된 답을 찾았는데” 반해 융합형 문제 해결 프로그램에서는 “답이 없는 걸 찾는 느낌”을 받은 것이 인상적이었다고 이야기한다. 특히 대학원 진학을 앞둔 참여자 다에게는 기존에 ‘정답’이라고 알려진 지식을 흡수하는 경험이 아닌, 조금은 말이 안 될 수 있으나 답이 없는 질문에 나름대로 답을 만들어봤다는 경험을 강조했다. 마지막으로, 답이 없는 질문에 답해보는 경험의 연장선에서 교수자가 알려주는 방법이 아니라 “스스로 찾아보면서” 자신이 관심 있는 전공 분야의 개념을 더 자세히 알게 된 것이 뜻깊은 성취라고 평가했다.

참여자 다의 문제 해결 과정을 살펴보면, 먼저 소재 선정 과정에서부터 그가 과학을 바라보는 관점이 투영된 것을 알 수 있다. 그는 과학이란 “내면의 필터”를 거치지 않고 있는 그대로를 설명하는 학문이라고 생각하며, 필터를 제거하면 할수록 자연을 있는 그대로 설명하기 때문에 더욱 정확한 이론이 된다고 인식했다. 따라서 통계적 예측 또한 “숨은 의도”로 인해 있는 그대로의 결과가 왜곡되지 않게 만들기 위해 필터를 계속 제거해온 과학 이론의 역사적 발전과정을 살펴보고자 하는 노력이 필요하다는 것이다.

나. 인문사회계열 연구참여자의 문제 해결 사례

(1) 참여자 라 : “패러다임을 전환하는 나라가 세계의 운명을 바꾼다.”

참여자 라는 “과학을 되게 싫어했던” 여학생이다. 하지만 인문사회계열로 대학을 진학한 후 취업에 대한 걱정이 점점 커져 현재는 컴퓨터를 활용하여 데이터를 분석하는 ICT 프로그램에도 참여하고 있다. 그녀는 신청서 제출 단계에서 자신의 전공과 ‘과학사’ 과목을 접목해 보겠다는 아이디어를 제안했다. 당시 수강 중이었던 ‘영어학개론’에서 배운 영어의 역사와 과학의 역사를 비교하려는 계획이었다.

그러나 예상보다 영어학개론 수업에서 영어의 역사를 크게 다루지 않았던 데다가, ‘과학사’와 ‘영어학개론’ 두 수업 모두 활동 당시에 수강 중인 강의라서 각 수업에서 다루는 내용의 지식이 부족해 흥미로운 질문이 머릿속에 떠오르지 않았다. 이 때문에 과학사와 접목할 새로운 소재를 고민하던 중, 과거에 수강했던 ‘조선실록과 민간역사’ 수업에서 팀 프로젝트 활동 중 다뤘던 ‘과거(科擧)제도의 장단점’을

떠올렸고, 과거에는 서양보다 과학이 발전했던 동양이 어느 순간 서양에 역전당하게 된 이유를 과거제도를 키워드로 해석해보기로 했다.

그녀는 제출한 포스터 및 최종 보고서에서 조선시대의 과거제도는 지배층이 자신들의 계급적 정당성을 주장하는 도구로 유가 사상을 활용하면서 과학기술을 단순히 잡기(雜技)로 치부했고, 아무리 뛰어난 과학기술자라 할지라도 사회적 계급이 중인(中人)에 불과했으며, 이 때문에 자주적인 과학이 싹트기 전 서양과학이 전래되면서 ‘쇄국파’와 ‘개화파’의 정치논쟁만 불거졌다고 정리했다. 더 나아가 우리나라가 아직 이러한 과거제도의 문화적 영향에서 벗어나지 못했기 때문에 노벨상 수상자로 대표되는 과학 발전이 더뎠다고 주장했다.

나는 우리나라가 과학 부문에 노벨상 수상자가 없는 이유는 네 가지 “부족” 때문이라 생각한다. 첫 번째는 창의성 부족이다. [...] 우리나라 교육 현장에서 자유로운 토론 문화가 자리 잡아야 창의성 교육도 함께 나올 수 있다는 것을 암시한다. 두 번째는 인재 부족이다. [...] 인재들을 떠나게 하는 억압적이고 수직적인 기업문화도 반드시 변화되어야 한다. 세 번째는 이해력 부족이다. [...] 현재 [문, 이과] 학계는 서로의 물 이해 때문에 편견을 가지고 있다. 이러한 편견은 이질감을 심화시키며, 유리된 과학기술의 상태를 정당화하기도 한다. [...] 마지막으로 “과학(科學)의 부족”이다. 과학의 목적은 옳, 그 자체의 진리, 아르케를 탐구하는 것이다. [...] 마음의 여유를 가지고 당장의 경제적 효과를 기대하지 않고, 기초 과학 분야에 투자를 한다면, 학자들은 아르케에 집중할 수 있는 심리적인 여유도 분명히 생겨날 것이다.

[참여자 라, 보고서에서 발췌]

그녀는 과학사 과목이 철학과 종교가 함께 맞물려서 발전하는 흥미로운 역사의 일종이라고 생각하면서도, 과학의 변천사를 파악하기 위해서는 어쩔 수 없이 소개되는 과학개념을 이해하는 게 가장 힘들었다고 회고했다. 그녀에게 있어 “이해가 안 가니까 외워야 되는” 과학은 그 과실(果實)이 필요한 경우 “돈 주고 기술을 사면 되는” 정도에 불과했다. 하지만 과학사 수업과 활동을 통해 과학이 문화, 정치 등과 독립적이지 않다는 사실을 깨닫게 되었으며, 일반인이 과학에 관심을 두지 않는다면 과학적 연구 결과가 우리에게 어떤 영향을 미치는지 파악하지 못한다는 점에서 지금까지 갖고 있던 과학에 대한 인식이 “오만”했다고 반성했다.

참여자 라의 문제 해결 과정을 살펴보면, 그녀가 바라보는 과학의 모습은 다른 참여자들과 비교했을 때 독특한 면이 엿보인다. 그녀는 ‘과학자의 과학’과 ‘일반인의 과학’을 아주 분명하게 구분하고 있다. 좀 더 구체적으로 살펴보면 ‘과학자의 과학’은 “뛰어난 사람들이 만든 것”이며, ‘일반인의 과학’은 과학자들이 정리한 보편적인 지식을 따르고 과학의 산물을 활용할 수만 있으면 된다는 견해를 가진 것이다. 즉 본인과 같이 과학과는 관련이 적은 일반인이라면 뛰어난 사람들이 만든 훌륭한 과학지식과 결과물을 그대로 수용하기만 하면 된다는, 과학적 성과에 높은 가치를 두면서도 본인과 거리는 유지하는 이중적인 자세를 보이는 것이다.

(2) 참여자 마 : “베르사유 궁전 속의 데카르트”

참여자 마의 경우 중학교 때까지 배운 과학은 실생활과는 거리가 먼 “의미 없이 암기하는” 과목이라 느껴져서 문과를 선택한 여학생이다. 그녀는 모든 연구참여자가 중 유일하게 이미 융합 문제 해결 프로그램에 참여해본 경험이 있었는데, 과거에는 ‘음악’과 자신의 전공인

‘행정학’을 융합했다. 이번 활동에서는 완전히 새로운 과목인 ‘프랑스 어권의 문화와 예술’과 ‘과학사’를 연결하기로 했다. 처음에는 지도교수의 제안에 따라 프랑스 고등교육기관 중 미술 분야를 대표하는 ‘에콜 데 보자르(Ecole des Beaux-Arts)’와, 과학기술 분야를 대표하는 ‘에콜 폴리테크니크(Ecole Polytechnique)’를 각각 살펴보고 두 기관이 프랑스에 미친 영향을 분석하는 활동을 계획했다.

하지만 두 학교에 대해서 본인이 “너무 모르는” 상태였기 때문에 구체적인 활동 방향을 설정하는 데 어려움을 겪다가, 프랑스 혁명이 일어난 시점과 과학혁명의 시기가 겹치는 구간이 있음을 발견하고 같은 시기에 벌어진 두 혁명의 상호작용을 살펴보는 문제로 선회했다. 그러나 특정 시기를 모두 다루기에는 분석에 고려해야 할 자료가 너무 방대하다고 느껴 최종적으로는 두 혁명에 사상적으로 큰 영향을 미친 것으로 평가되는 ‘데카르트’ 개인에만 초점을 맞추기로 했다.

참여자 마는 최종 산출물에서 과학혁명의 사상적 뿌리를 제공한 데카르트의 철학을 이원론과 인간중심 사상으로 정리하고, 프랑스의 대표적인 건축물인 ‘베르사유 궁전’의 도시 내 위치, 정원의 모습, 궁전 내부 구조 등에서 데카르트의 철학이 어떻게 건축학적으로 구현됐는지를 분석하였다. 그리고 이러한 분석을 확장하여 데카르트의 철학적 사상이 프랑스 문화 발전에 어떤 영향을 미쳤는지를 논증했다.

데카르트는 인간이란 사고하는 능력, 즉 이성을 가지고 있는 한, 다른 모든 것들과 구분되는 의심할 수 없는 존재라고 보았다. 따라서 인간은 자연 법칙의 지배를 받지 않는 유일한 존재라는 것이다. 여기서 한 걸음 더 나아가 루이 14세의 베르사유 궁전이라 생각한다. 인간은 자연 법칙의 지배를 받지 않을 뿐만 아니라, 오히려 자연을 지배할 수 있는 힘을 가지고 있다는 것이다. [...] 베르사유 궁전 정원은 기하학적인 무늬와 정확한 좌우 대칭의 구조를 통해 인위적인 힘으로 자연을 배치할 수 있다는 점을 상징적으로 드러냈다. 궁전 내부는 실내 장식, 방의 구조, 공간 배치 등을 통해 왕의 절대적인 권력을 구체적으로 보여주고 있다. 그리고 베르사유 정원과 베르사유 시 사이의 경계점에 위치하여, 그 둘을 한눈에 바라볼 수 있는 루이 14세의 방이 궁전의 중심이 된다. 이를 통해 베르사유 궁전은 인간과 자연을 모두 지배하려는 루이 14세의 절대 왕권을 잘 드러내고 있다.

[참여자 마, 보고서에서 발췌]

그녀는 과학사 수업을 듣는 과정에서 과학이 변해가는 흐름은 이해가 되지만, 역사적 시점마다 등장하는 과학개념을 이해하는 것이 어려웠다고 회고했다. 그래도 활동 과정에서 어떻게든 실재하는 사물과 과학을 연결 짓기 위해 노력해봄으로써 “과학은 생각보다 가깝다”라는 것을 느끼게 되었다. 덕분에 과학사 수업은 대학을 나온 사람으로서 “기본적으로 갖춰야 할 과학 교양”을 배울 수 있었던 수업이라고 평가했다.

참여자 마의 면담 과정에서 자신과 과학의 관계는 무척 멀다고 말했다. 하지만 본인이 실생활에서 마주하는 구체적인 사물, 예컨대 비행기, 핸드폰 등이 삶에 있어서 필수적이면서도 자신에게 엄청난 영향을 미치고 있음을 강조했다. 즉 현실에서 구체적으로 감각되고 사용하는 기술을 매개로 과학이 자신의 삶과 완전 별개가 아님을 인지하는 것이다. 그녀가 ‘베르사유 궁전’이라는 구체적인 건축물이 담고 있는 과학사적 요소를 끌어내는 형태로 융합 문제를 구조화한 것도 이러한 인식에서 출발했다.

(3) 참여자 바 : “근대 과학혁명과 바로크 음악의 발전”

참여자 바는 ‘심리학개론’과 ‘과학사’를 연결하여 과학자들이 새로운 이론을 만들어내려는 심리적 동기를 살펴보는 아이디어를 제안했다. 하지만 너무 당연한 결론이 예상된다는 지도교수의 조언을 받아들여 좀 더 참신한 주제를 찾기로 했는데 그 과정이 쉽지는 않았다고 회상했다. 처음에는 자신의 전공인 경영학 분야의 수업을 과학사와 연결해보고자 시도했으나 마음에 드는 연결 지점이 없어서 지도교수와 상담을 진행했다. 지도교수가 과거 학생들의 실제 사례를 하나씩 소개해주는 방식으로 소재를 탐색하던 중, 과거 대학 밴드 동아리에서 경험했던 디지털 음악을 과학과 연결할 수 있겠다는 생각이 들어 심리학개론 대신 ‘음악의 세계’ 과목을 과학사와 연결해보기로 했다.

그러나 조사를 해보니 디지털 음악을 과학사적으로 분석하기 위해서는 현대과학 지식이 상당히 필요하다는 판단이 들었다. 그래서 최종적으로는 근대 과학혁명 시기와 ‘바로크 음악’의 발전 시기가 일치한다는데 착안하여 과학혁명이 바로크 음악의 등장에 어떤 영향을 미쳤는지를 분석하는 것으로 활동 방향을 설정했다. 이에 따라 참여자 바는 과학혁명 이후 종교적 영향력이 감소하여 ‘천구의 음악’이 케플러에 의해 재해석될 수 있었으며, 합리주의적 사고가 퍼져나가면서 ‘소리 과학’이 태동하여 기존 음악의 틀에서 벗어난 실험적 유형의 음악인 바로크 음악이 탄생할 수 있었다고 분석했다.

르네상스 시대까지 ‘천구의 음악’이라는 말은 천상계의 질서를 이해하는 수학적 지식이었다. 수적 조화를 바탕으로 천체의 운동을 이해하는 것으로 지구를 중심으로 행성의 운동을 통해 음악을 표현했다. 하지만, 근대 과학혁명 시대에 케플러에 의해 천구의 음악은 재해석 된다. 그는 태양중심에서의 시작으로 행성들이 움직이는 호의 길이를 산정하여 행성마다 각속도를 비교하게 된다. [...] 이를 통해 근대 과학혁명의 태양중심설은 음악에도 적용이 되었다고 본다.

[참여자 바, 포스터에서 발췌]

소리 과학은 17세기에 근대과학이 수립되던 시기에 과학자들이 관심을 갖던 중요한 중심 주제였다. [...] 천구음악이 사색적이고 관념적이고 수비학적이었던 반면에 소리 과학은 실험적이고 논증적이었다. [...] 근대 과학혁명 시기 바로크 음악이 활발하게 음악적 지식을 가질 수 있었던 계기가 바로 학자들이 소리 과학에 대한 관심을 가지고 실험을 하며 알아내려는 결과물과 과정들이 아닐까 한다. 바로크 시대는 음악 시대에서 가장 지적이며 음악의 지식이 가장 깊었던 시기이므로 과학에서의 연구과 실험이 바로크 음악에 많은 영향을 주었다고 본다.

[참여자 바, 보고서에서 발췌]

참여자 바는 면담 내내 과학이 자신과는 별로 상관이 없는 학문이라고 일관되게 말했다. 그러면서 과학사 수업을 들으며 느꼈던 점을 말해주었는데, 근대 과학혁명 시기를 다룰 때까지는 과학이 흥미롭게 느껴졌으나 현대과학에 접어들면서 과학개념이 너무 어렵게 다가와 다시 한번 “진짜 재미가 너무 없어”졌다고 말해주었다. 하지만 본 문제기반학습 과정에서 다양한 분야의 자료를 조사하며 학문 분야로서의 과학과는 별개로, 과학에서 파생된 개념들이 음악뿐만 아니라 미술, 종교, 심리학 등과도 모두 연관된다는 것을 공부하면서 “과학 안에 사람이 들어가 있는” 것 같다고 회고했다.

하지만 참여자 바는 면담 과정에서 과거에는 과학과 음악이 많이 연관되었을지언정 시간이 지날수록 학문 사이의 거리가 점점 멀어져

현재는 모두 “별개”의 분야가 되었음을 강조했다. 그녀는 과학이란 모름지기 정치, 문화, 종교 등의 사회적 요소와 “별개로 존재해야” 하며, 현대과학이 이렇게 발전하게 된 이유에 대해서도 사회적 영향으로부터 점점 벗어나 과학이 “자유롭게 이루어”져 “지금 생각할 수 있는 것보다 더 많은 것을 알아낼 수” 있었기 때문이라고 해석했다.

2. 이공계열 및 인문사회계열 학생들의 융합 문제 해결 특징 비교

과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결을 통해 드러난 연구참여자들의 특징을 두 가지 측면에서 살펴보았다. 첫 번째는 ‘융합 문제 구조화 과정’이다. 과학사·과학철학에 대한 관점을 파악하여 이들과 융합할 소재를 선정한 이유와 이후에 융합 문제가 구조화되는 과정에 초점을 두었다. 둘째는 ‘융합 문제 해결 경험의 의미’이다. 과학사·과학철학 내용을 기반으로 학생들이 직접 구성한 융합 문제를 해결해 본 경험이 연구참여자들에게 어떤 의미로 다가왔는지 살펴본 것이다.

가. 융합 문제 구조화 과정

과학사·과학철학은 모든 연구참여자에게 생소한 학문이다. 이전까지 의무교육과정이나 대학에서 한 번도 접해보지 못한 교과였으니 어찌 보면 당연한 말이다. 하지만 이공계열 학생과 인문사회계열 학생이 과학사·과학철학을 생소하게 느끼는 지점에는 분명한 차이가 있었다.

일반적으로 교육 상황에서 구조화된 문제 해결의 일종인 딱 떨어지는 ‘정답 찾기’ 활동을 주로 경험해온 이공계 학생들은 명확한 정답이 없이 자신의 견해를 논리정연하게 서술해야 하는 과학사·과학철학에 막막함을 느꼈다. 즉 그들에게 과학사·과학철학은 “과학을 위장한 인문학”으로 느껴졌으며, 오히려 글쓰기 능력을 함양하는 교과로 인식되기도 했다.

[과학철학 과목의] 진짜 너무나 생소한 것. (웃음) 감당이 안 되더라고요. 시험문제 보는데 말 그대로 숨이 탁 막힌다고 해야 할까? [...] [답안을 작성할 때] 요거를 다 뭉뚱그려서 써야 될 것 같은데, 이제 그러다 보니까 설명이 산으로 가고, 뱀사공이 많아지는거죠.

[참여자 가, 2차 면담에서 발췌]

반면 인문사회계열 학생들은 과학사·과학철학에서 다루어지는 과학개념을 이해하는데 무척 어려움을 겪었다. 기존의 과학개념이 가지는 약점을 새로운 개념으로 극복하는 과정이 중요하다는 사실을 알고 있음에도 생소한 과학용어와 추상성이라는 장벽 때문에 결국에는 단순 암기로 상황을 모면하고 했다. 이러한 어려움은 과학이야기 읽기에 대해 학생들이 무엇 때문에 어려움을 겪는지 분석한 선행연구의 결과와도 일치한다(Lim & Shin, 2014).

[과학사에서 다루는 과학개념이] 초반에는 좀 이해가 좀 됐는데 뒤로 갈수록 점점 이해가 안 되는거예요. 되게 저한테 생소한 표현들이 많으니까, 그런 것도 하나하나 다 찾아봐야되고, 그래서 그게 좀 힘들었어요. (웃음) 처음에는 진짜 무슨 소리인지 모르고... 수업을 듣고 있는데, 듣고 있지 않는 그런 기분?

[참여자 마, 2차 면담에서 발췌]

과학사·과학철학이 연구참여자들에게 생소하게 느껴졌기 때문에 이와 융합할 소재만큼은 자신들이 잘 아는 친숙한 내용이어야 했다. 이때 이공계열 학생들은 자신의 전공 분야 안에서라면 어떤 소재를 선택하더라도 그것을 역사적으로 분석하면 과학사, 철학적으로 분석하면 과학철학과 융합될 수 있겠다는 확신이 있었다. 그래서 그들은 자신의 전공 분야 중에서 자신이 좋아하고 익숙한 소재(전자기학, 진화론, 운영체제이론)를 선택했다.

반면 인문사회계열 학생들은 융합할 소재를 선택하기 위해 더 많은 고민이 필요했다. 과학과 연관이 되어야 하지만 과학개념이 크게 필요하지 않은 소재를 찾아야 했기 때문이다. 결과적으로 그들은 ‘근대 과학혁명’이라는 특정 시기에 초점을 맞추어 과학혁명과 사회적 요소(인재 등용 제도, 건축물, 음악 양식)의 상호작용을 살펴보았다.

음악의 발전과 과학사의 발전. 문과 애들은 다 이런데, [...] 확실히 이과 애들이 좀 더 전문적으로 할 수 있었던 게 많았던 것 같아요. 우리는 뭘 할래도 알 수 있는 게 없잖아요. (웃음)

[참여자 라, 2차 면담에서 발췌]

연구참여자들의 융합 문제 구조화 과정을 전반적으로 살펴보면 독특한 공통점을 찾을 수 있는데, 그것은 문제 구조화 과정이 문제 해결 과정과 분명하게 구분되지 않는다는 점이다. 창의적 문제 해결 모형(Parnes, 1992)에 따르면 문제 해결은 일반적으로 목표 발견(objective finding) 단계, 사실 발견(fact finding) 단계, 문제발견(problem finding) 단계, 아이디어 발견(idea finding) 단계, 해결책 발견(solution finding) 단계, 수용안 발견(acceptance finding) 단계를 순서대로 따르지만, 연구참여자들은 자신의 호기심을 문제의 형태로 구조화하는 문제발견 과정에서 이미 자신의 선지식을 활용하여 잠정적인 해결책, 즉 질문에 대한 나름의 답을 함께 찾아 나갔다. 잠정적인 해결책이 충분히 참신하면서도 자신의 역량으로 문제를 충분히 해결할 수 있겠다고 판단을 내렸을 때, 비로소 문제 구조화 과정이 완료되었다. 즉 모호한 호기심을 문제의 형태로 먼저 구조화한 뒤에 문제 해결 과정으로 넘어간 것이 아니라, 구조화와 해결 과정을 지속적으로 넘나든 것이다. 예컨대 참여자 마의 경우, 문제가 구조화되기 전에 이미 선지식을 활용하여 과학혁명 시기와 프랑스 혁명 시기를 연결하는 키워드로 ‘합리주의’와 ‘인간중심 사상’을 떠올렸다. 하지만 자신의 능력으로는 두 시기를 폭넓게 비교하는 데 한계를 느껴 새로운 문제를 찾아 나섰고, 비슷하지만 자신이 소화 가능하다고 판단되는 데카르트의 철학과 베르사유 궁전 사이의 연결고리를 찾는 방향으로 문제를 재구조화하였다.

나. 융합 문제 해결 경험의 의미

모든 연구참여자는 학문적으로 가치 있는 융합 문제를 만들고, 답이 없는 문제에 대해 나름의 답을 만드는 과정이 쉽지 않았다고 입을 모았다. 하지만 그 힘든 경험에 나름의 의미를 부여했는데, 여기서도 이공계열 학생과 인문사회계열 학생이 뚜렷하게 구분되는 모습을 보여주었다.

이공계열 학생의 경우, 자신의 전공 분야와 과학사·과학철학이 융합된 문제를 해결하려고 노력하는 과정에서 전공 과학개념에 대한 이해도가 높아졌다고 자평했다. 이는 교수자를 통해 주어진 지식을

습득해온 지금까지의 학습과는 달리, 해결하려는 문제를 목표로 자신이 능동적으로 학습하는 과정에서 얻어진 성과였다.

전자기학은 도대체 뭘 소리가. 이게 이 말도 저 말 같고, 저 말도 이 말 같고. 분명히 공식은 쓰여 있는데 이 공식을 도대체, 어떻게 적용하란 애기가, 실제로, 전혀 흥미를 못 느꼈어요, 전자기학이라는 학문에 대해서. 근데 이렇게 과학철학이란 엮어서 공부하다 보니까, 이해하게 되더라고요, 할 수밖에 없더라고요. [...] 흥미 없던 부분에 대해서 확실하게 이해를 시켜 줄 수 있는 그런 계기가 되지 않았나.

[참여자 가, 2차 면담에서 발췌]

이게 진짜로 생각을 가지고 접근을 해서, 자기가 찾아보고 이렇게 보다 보면 뭔가 지식도 좀 더 능동적으로 많이 얻을 수 있고, 그리고 스스로가 더, 수업에서 배워서 일반적으로 하는 것보다 동기유발도 더 많이 되는 것 같고.

[참여자 다, 2차 면담에서 발췌]

이뿐만 아니라, 지금까지 정답을 찾는 방법을 익혀온 이공계열 학생들에게 정답이 없는 열린 문제를 해결해보고자 노력한 것은 신선한 경험으로 다가왔다. 즉 지엽적인 문제 풀이 형태로 개념을 익히는 것이 아니라 보다 거시적인 관점에서 그 개념이 학문적으로 어디에 위치하고 어떻게 활용되는지를 고민하는 과정에서 처음으로 ‘큰 그림’을 파악해본 것이다. 이공계열 학생들이 이러한 인지적 성과를 거두었다고 인식하게 된 전체 과정이 학생 스스로의 탐색을 통해 이루어졌다는 측면에서 교육적 가치가 크다(Kaufman, Moss, & Osborn, 2003; Helmane, & Briska, 2017에서 재인용).

반면 인문사회계열 학생들은 개념적 성취보다는 과학을 바라보는 자신의 태도 변화에 의미를 부여했다. 그들은 지금까지 과학이라는 학문에 대해 기술 발전을 이끌어 삶을 편리하게 만들어주는 중요한 학문으로 인정하면서도, 과학기술 분야의 전문가만 알면 되는 것이지 자신들과는 전혀 관계없는 학문으로 생각하고 있었다. 하지만 완전히 사회적인 요소라고 생각했던 제도, 건축물, 음악 양식 등을 과학사·과학철학과 연결해보는 활동을 통해 의외로 과학적 요소가 멀리 있지 않다는 사실을 새삼 깨달았다고 말했다. 그리고 이 과정에서 지금까지 배울 일이 없었던 “교양” 수준의 과학 지식을 접해본 경험도 의미가 있었다.

요새 좀 핫이슈 되는 줄기세포? 이런 분야도 우리에게 영향을 안 미치는 분야는 아니잖아요. [...] 그렇다면은 우리가 어느 정도 관심을 가지는 게, 우리가 국책사업은 돈을 내니까, 돈 낸 사람으로서도 그러할 수 있는 권리가 있고. [...] 저는 단순히 그냥, ‘아 머리 쓰기 귀찮고 돈만 있으면 되는데 [과학을] 왜 배우냐 싶었는데, 저 같은 사람들의 관심이 아예 없으면은, 솔직히 그런 줄기세포? 그런 분야에서 아무런 제재가 없이 막 달려가면은

생명윤리에 관해서 가치관이 흔들릴 수도 있잖아요?

[참여자 라, 2차 면담에서 발췌]

물론 인문사회계열 학생들의 태도 변화가 과학 학습을 향한 관심으로 이어지지는 않았다. 융합 문제 해결 과정에서 기술로서의 과학, 사회 이슈로서의 과학과는 심리적인 거리가 가까워졌지만, 그것이 학문으로서의 과학을 자발적으로 학습하고자 하는 동기를 불러오지는 않은 것이다.

지금까지도 과학이라는 이런 지식 없이 잘 살아왔고, 지금까지 그랬듯이 앞으로도 계속 그렇게 살 것 같아서...

[참여자 바, 2차 면담에서 발췌]

한편, 과학사·과학철학이 ‘과학이란 어떤 학문인가?’라는 질문을 중요하게 다룸에도 불구하고, 모든 연구참여자는 활동 전후에 기존의 과학에 대한 인식론적 관점을 변함없이 유지하고 있었다. 특히 그 관점이 실증주의에 가까운 견해를 확인할 수 있었는데, 참여자 가, 나, 라, 마의 경우에는 과학이란 실험이나 수학을 통해 이론을 ‘증명’함으로써 정답이나 진리를 찾는 학문이라는 생각을 활동 전후에 그대로 유지하고 있었으며, 참여자 다, 바의 경우 과학은 사회문화적 요소를 제거함으로써 연구자가 아무런 편견 없이 수행하는 활동이라는 인식을 그대로 유지하고 있음을 확인할 수 있었다. 이상 이공계열 및 인문사회계열 학생들의 융합 문제 해결의 특징을 표로 정리하면 Table 3과 같다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 이공계열과 인문사회계열 대학생들의 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 활동 사례를 살펴보았다. 특히 두 집단의 문제 구조화 과정과 문제 해결 활동 경험의 의미를 비교함으로써 과학사·과학철학이 문·이과를 연결하는 학문(Butterfield, 1957)의 역할을 하기 위한 시사점을 찾고자 했다.

연구참여자들은 참여한 PBL 프로그램에서 융합 문제 형성의 기반이 되는 과학사·과학철학을 생소하게 생각했다. 이때 이공계열 학생들은 과학과 비교해 딱 떨어지는 정답이 없는 모호함 때문에, 인문사회계열 학생들은 평소에 관심을 두지 않았던 어려운 과학개념 때문에 생소하게 느꼈다는 차이가 있었다. 따라서 융합 문제 형성의 소재가 되는 타 학문은 자신에게 가능한 한 친숙한 것을 선택하고자 했는데, 이공계열 학생들은 자신의 전공 교과를, 인문사회계열 학생들은 과학과 연관될법한 인문사회 분야 소재를 선택했다. 융합 문제를 구조화하는 과정에서 모든 연구참여자는 이미 문제 해결 방안까지 염두에

Table 3. Problem solving characteristics of the participants

전공 계열	이공계열	인문사회계열
융합 문제 구조화 과정	<ul style="list-style-type: none"> 과학사·과학철학은 정답이 없어 생소함. 자신의 전공 분야 소재를 융합함. 	<ul style="list-style-type: none"> 과학사·과학철학에서 다루는 과학개념이 생소함. 과학과 연관될법한 인문사회 분야 소재를 융합함.
융합 문제 해결 경험의 의미	<ul style="list-style-type: none"> 전공 분야를 거시적 관점에서 살펴봄. 전공 과학개념에 대한 이해도를 높임. 	<ul style="list-style-type: none"> 교양 수준의 과학 지식을 접해봄. 과학과 사회가 밀접히 연관되어 있음을 재인식함.
활동 전후에도 실증주의에 가까운 기존의 과학에 대한 인식론적 관점을 그대로 유지함.		

두었으며, 잠정적 해결책의 독창성과 해결 가능성을 지속적으로 따져 보며 문제를 구조화해나갔다. 즉, 그들에게 문제 구조화 과정은 곧 핵심적인 문제 해결 과정이기도 했고, 반대로 문제 해결 과정은 중요한 문제 구조화 과정이기도 해서 양자를 분리하기 어려웠다.

연구자들은 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 활동을 통해 연구참여자들의 과학에 대한 인식론적 관점이 변할 것으로 예상했으나, 그들이 가진 기존의 실증주의에 가까운 관점은 그대로 유지됐다. 하지만 융합 문제 해결 경험을 통해 이공계열 학생들은 자신의 전공 과학개념을 잘 이해하는 데 도움이 되었으며, 세부적인 과학개념뿐만 아니라 전공 분야의 거시적인 특성을 살펴본 기회로 의미화했다. 반면, 인문사회계열 학생들은 과학과 인문사회를 연결해보는 활동을 통해 과학과 사회가 밀접하게 연결되어 있음을 재인식하였고, 오랫동안 관심을 두지 않았던 과학개념을 교양 수준으로 접해본 기회로 의미화했다.

본 연구결과는 과학사·과학철학이 과학교육 맥락에서, 그리고 문·이과 통합 교육의 맥락에서 몇 가지 시사점을 제공한다.

첫째, 기존의 과학 관련 수업이 지나치게 ‘정답’ 찾는 방법을 익히는 데 매몰되어 있는 것이 아닌지 의문을 던져보게 한다. 이공계열 학생들은 과학사·과학철학이 분명 과학의 용어와 개념을 사용하고 있음에도 명확한 답을 구할 수 없다는 측면에서 어색함을 느꼈다. 지금까지 그들은 주로 수식으로 표현된 과학개념을 이용하여 정확한 답을 찾고, 엄밀하게 통제된 실험으로 과학개념의 유용성을 확인하는 방식으로 과학을 학습해왔다. 비록 고등학교 1학년 이후로 과학 관련 교육을 거의 받지 않은 인문사회계열 학생들조차 이러한 과학학습에 익숙해져 있었다. 이는 바꿔 말하면 과학교육 맥락에 있어 과학사·과학철학적 관점을 접목함으로써 과학의 다채로운 면모를 소개할 필요가 있음을 보여준다.

둘째, 과학사·과학철학을 문·이과 연결의 가교로 활용할 때 의외로 과학사·과학철학이 소개하는 과학개념이 걸림돌이 될 수 있음을 알 수 있다. 비록 과학 관련 교과와는 달리 과학사·과학철학은 과학개념을 소개하는 것을 넘어 그 개념을 활용하는 과정까지 나아가지는 않지만, 적어도 어떤 과학개념의 약점을 이해하고 그 약점을 보완하기 위해 고안된 새로운 과학개념의 특징을 이해할 필요는 있다. 하지만 오랫동안 과학학습을 기피해왔고, 심지어 고등학교 1학년 이후로는 교육 상황에서 과학개념을 접할 일이 없었던 인문사회계열 학생들에게는 과학사에서 다루는 과학개념조차 무척 높은 장벽으로 다가왔다. 과학교육 맥락에서 과학사·과학철학은 과학개념 학습을 돕기 위한 전략으로 도입되기도 하는데(Yoo, Yeo, & Hong, 2007), 교수자는 학생들의 과학개념에 대한 심리적, 인지적 장벽으로 인해 본래의 취지는 물론 과학적 창의성이나 과학의 본성과 같은 다른 가치들을 교육하는데 문제가 발생하지 않도록 신경 쓸 필요가 있다.

셋째, 과학의 본성을 가르치는 전략의 하나로 과학사·과학철학을 활용할 때에는 신중한 접근이 필요함을 확인할 수 있다. 과학사·과학철학 기반 융합 문제 해결 활동을 통해 학생들은 과학개념을 더 잘 이해하게 되었거나, 과학과 사회가 밀접히 연결되어 있음을 인식하게 되었다는 측면에서 가능성을 보여주었다. 하지만 과학사·과학철학은 과학적 개념에 대한 학습과 과학적 실험에 대한 숙련을 넘어, 과학이 무엇인지, 즉 과학 자체에 대한 이해를 가능하게 하는 방안으로 논의되어 왔음에도(Matthews, 1994/2014.), 본 연구에서는 그러한

측면에서 실효성을 보여주지 못했다. 이는 과학 지식에 관한 세련된 인식론적 관점이 구성주의 교수 방법으로는 쉽게 형성되지 않는다는 선행연구의 결과와 일치한다(Lederman, 1999; Yang *et al.*, 2005). 따라서 과학의 본성을 과학사·과학철학의 내용을 빌려 가르치기 위해서는 다양한 교수학습 전략을 탐색할 필요가 있다.

넷째, 과학사·과학철학 기반 융합 문제를 활용한 PBL 활동 시 비구조화된 문제의 중요성을 확인할 수 있었다. 2015 개정 교육과정을 통해 과학사·과학철학 내용을 고등학생들이 학습할 기회가 생겼으나, 아직 교과목이 만들어진 지 얼마 되지 않았을뿐더러 2019학년도를 기준으로 전국 고등학교의 ‘과학사’ 과목 개설 예정 비율이 10%를 조금 넘는 수준이다(Cho, 2018). 즉 많은 학생에게 과학사·과학철학은 아직 다른 교과에 비해 생소하게 느껴질 가능성이 큰데, 만약 과학사·과학철학과 융합된 타 분야 소재마저 생소하다면 융합 문제가 무척 부담스럽게 다가올 수 있다. 전문가들조차 자신의 주요 전공 분야가 아닌 타 분야로 자신의 관심을 넓혀나가는 것은 어려운 것이 일반적이므로(Oh *et al.*, 2012), 융합 문제 구성할 때 적어도 하나의 소재는 학습자가 잘 알고 있으면서 친숙하게 느껴야 할 것이다. 만약 PBL 활동 시 구조화된 융합 문제가 제시될 경우, 일부 학습자는 문제에 융합된 분야 중 단 하나도 친숙한 것이 없어 의미 있는 활동을 수행하기가 어려울 수 있으므로, 융합 문제를 활용한 PBL 활동 시에는 비구조화된 문제를 제안하고 학습자가 자신의 관심사와 배경 지식을 고려하여 문제를 구조화하고 해결할 수 있도록 안내할 필요가 있다.

국문요약

오랜 기간 과학사·과학철학은 과학교육 분야에서 다양한 목적을 위해 중요성이 강조되어왔다. 특히 새로운 2015 개정 교육과정에는 ‘과학사’ 교과가 교육과정 내에 별도의 교과목으로 편성되었으므로 학교 교육 상황에서 과학사·과학철학 내용을 다양하게 활용할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 본 연구는 문제기반학습 프로그램에서 과학사·과학철학 기반 융합 문제를 해결한 대학생들의 사례를 살펴보고자 했다. 특히 이공계열 학생들과 인문사회계열 학생들의 문제 구조화 과정과 해결 경험의 의미를 비교함으로써 문·이과 통합 교육을 위한 전략을 모색해보았다. 연구참여자는 각각 3명의 이공계열과 인문사회계열 대학생들이며, 이들은 한 학기 동안 대학의 문제기반학습 프로그램에 참여하여 과학사·과학철학 분야의 내용 기반의 융합 문제를 구성하고 해결하는 활동을 했다. 참여자들이 활동하는 동안 작성한 신청서, 계획서, 포스터, 보고서를 살펴보고, 두 차례의 면담을 통해 그들의 사례를 분석했다. 연구결과는 우선 이공계열 학생과 인문사회계열 학생들의 과학사·과학철학에 대한 관점을 파악하고, 이들과 융합할 소재를 선정한 이유와 이후에 융합 문제가 구조화되는 과정에 초점을 두었다. 그리고 과학사·과학철학 내용을 기반으로 자신들이 직접 구성한 융합 문제를 해결해본 경험이 참여자들에게 어떤 의미로 다가왔는지 살펴보았다. 끝으로 본 연구결과를 바탕으로 과학사·과학철학이 과학교육 맥락에서, 그리고 문·이과 통합 교육의 맥락에서 제공하는 몇 가지 시사점을 제시하였다.

주제어 : 과학사 및 과학철학, 문제기반학습, 융합형 교수학습프로그램

References

- Baek, J. (2016). An analysis on the characteristics of problem-finding and the aspects of using science and technology of undergraduate students' convergence problem solving activity. *Journal of Korean Association for Science Education*, 36(6), 867-876.
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. Springer Publishing Company.
- Butterfield, H. (1957). *The Origins of Modern Science* (rev. ed.). New York, NY: Free Press.
- Cho, S. S. (2018). An Inquire into the organization and operate of optional subjects following the 2015 revised curriculum system (Report No. 11-1342000-000359-01). Ministry of Education.
- Cho, Y. (2001). An Examination of Problem-Based Learning (PBL) as a Teaching-Learning Model for Infusing Creative, Critical Thinking with Knowledge of Subjects. *The Journal of Elementary Education*, 14(3), 295-316.
- Cho, Y. (2006). *문제중심학습의 이론과 실제: 문제로 시작하는 수업 [Theory and Practice of Problem-Based Learning: Classes that Start with Problems]*, Seoul: Hakjisa.
- Choi, K., & Cho, H. (2003). Ethical teaching/learning methods of science. *Journal of Korean Association for Science Education*, 23(2), 131-143.
- Conant, J. B. (1953). *On understanding science: An historical approach*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Helmane, I., & Briska, I. (2017). What is developing integrated or interdisciplinary or multidisciplinary or transdisciplinary education in school? *Signum Temporis*, 9(1), 7-15.
- Hung, W. (2015). Problem-Based Learning: Conception, Practice, and Future. In Y. H. Cho, I. S. Caleon, & M. Kapur. (Eds.), *Authentic problem solving and learning in the 21st century: Perspectives from Singapore and beyond* (Ch. 5, pp. 75-92). Singapore: Springer.
- Jeong, J. Y., & Noh, S. G. (2017). The effect of the open inquiry education program using science history on elementary school students' variable controlling abilities and hypothesis generating abilities. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(4), 193-214.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65-94.
- Kang, S., Kim, Y., & Noh, T. (2004). The influence of small group discussion using the history of science upon students' understanding about the nature of science. *Journal of Korean Association for Science Education*, 24(5), 996-1007.
- Kang, Y.-M., & Shin, Y.-J. (2011). The effects of various instructional activities using the history of science on science learning motivation of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(3), 330-339.
- Kaufman, D., Moss, D. M., & Osborn, T. A. (2003). *Beyond the boundaries: A transdisciplinary approach to learning and teaching*. Praeger. Westport, CT.
- Kim, H. (2012). *A Study on Categorizing Learning Outcomes and Learning Affectons According to Learning Process in PBL Class* (Unpublished doctoral dissertation). Kyung Hee University, Seoul, Republic of Korea.
- Kim, H.-J., & Kim, S.-W. (2013). The characteristics of perceptual change of high school of the arts students through explicit instructions on the nature of science. *Journal of Korean Association for Science Education*, 33(2), 266-283.
- Kim, Y., Seo, H.-A., & Park, J. (2013). An analysis on problem-finding patterns of well-known creative scientists. *Journal of Korean Association for Science Education*, 33(7), 1285-1299.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lee, B., & Shin, D. (2011). Professionals' opinion of science education using history of science. *Journal of Korean Association for Science Education*, 31(5), 815-826.
- Lee, J., & Shin, D. (2015). Possibilities of integrated HOS (history of science) cases as a subject of environmental education. *The Environmental Education*, 28(4), 242-261.
- Lim, Y., & Shin, Y. (2014). An analysis of students' difficulty on science stories in elementary school science textbooks - Focusing on 6th grade science. *Journal of Science Education*, 38(3), 525-542.
- Matthews, M. R. (2014). *과학교육: 과학사와 과학철학의 역할 [Science teaching: The role of history and philosophy of science]* (권성기, 송진웅, 박종원, Trans.). Seoul: Bookshill. (Original edition 1994).
- Ministry of Education (2015). 2015 revised science curriculum. (p. 225). Ministry of Education 2015-74 [issue 9]. Retrieved from <http://ncic.re.kr>
- Oh, H., Kim, H., Bae, H. J., Seo, D. I., & Kim, H. (2012). What drives convergence? *The Journal of Research in Education*, 43, 51-82.
- Parnes, S. J. (1992). *Source Book for Creative Problem Solving*. Buffalo: Creative Foundation Press.
- Park, G.-S. & Yoo, M.-H. (2013). The effects of 'science history based chemist inquiry program' on the understanding toward nature of science, scientific attitudes, and science career orientation of scientifically gifted high school students. *Journal of the Korean Chemical Society*, 57(6), 821-829.
- Park, S., Chung, W., & Park, Y. (2016). Analysis on the utilization of history of science and STEAM and elementary school teachers' perceptions about design-based STEAM instruction applying the history of science in science class. *Journal of Science Education*, 40(2), 166-188.
- Schmidt, H. G., & Moust, J. (2000). Towards a taxonomy of problems used in problem-based learning curricula. *Journal on Excellence in College Teaching*, 11(2/3), 57-72.
- Seo, D. H., Lee, Y. H., & Jho, H. (2017). Development and implementation of the history of science and technology program for understanding of technical high school students about the nature of science. *Journal of Science Education*, 41(1), 60-79.
- Shin, D., & Shin, H. (2012). Development of a teaching-learning model for science ethics education with history of science. *Journal of Korean Association for Science Education*, 32(2), 346-371.
- Solomon J., Duveen, J., Scott, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.
- Song, J.-W., & Kwon, S. (1992). The change of postgraduate students' conceptions towards the nature of science through the course related to philosophy of science. *Journal of Korean Association for Science Education*, 12(1), 1-9.
- Tsai, C. C., & Liu, S. Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.
- Yang, I-H., Han, K-G., Choi, H-D., Oh, C-H., & Cho, H-J. (2005). Investigation of the relationship between beginning elementary teachers' beliefs about the nature of science and science teaching and learning context. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(4), 399-416.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Yoo, M.-H., Yeo, S.-I., & Hong, H.-G. (2007). The effect of science history program developed by genetic approach on student's conception toward particulate nature of matter and understanding about the nature of science. *Journal of the Korean Chemical Society*, 51(2), 213-222.

저자 정보

이종혁(서울대학교 학생)

백종호(한국교육과정평가원 부연구위원)