



2015 개정 과학과 교육과정의 ‘기능’ 기반 탐구 수업에 참여한 고등학생의 과학과 핵심역량에 대한 인식

박상유, 최원호*
국립순천대학교

Perception of Science Core Competencies of High School Students who Participated in the ‘Skills’ based Inquiry Class of the 2015 Revised Science Curriculum

Sangyou Park, Wonho Choi*
Sunchon National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 January 2023
Received in revised form
22 March 2023
29 March 2023
Accepted 30 March 2023

Keywords:

2015 revised science curriculum,
science core competency, skill,
inquiry class

ABSTRACT

In this study, we investigated the change in science core competency perception of high school students and the reason for change when science inquiry classes were conducted using eight ‘skills’ of the 2015 revised science curriculum. Fifteen first-year high school students in Jeollanam-do participated in the science inquiry class of this study, and the class was conducted for 20 hours (5 hours a day for four days). The inquiry activities used in the class consisted of four activity stages (research problems, research methods, research results, and conclusions) and each stage was constructed to include at least one ‘skill (Problem Recognition, Model Development and Use, Inquiry Design and Performance, Data Collection, Analysis and Interpretation, Mathematical Thinking and Computer Application, Conclusion and Evaluation, Evidence-based Discussion and Demonstration, and Communication)’. As a result of the study, students’ perception of the five science core competencies increased statistically significantly at the significance level of 0.01 through inquiry classes and more than 93% of students recognized that their science core competencies improved through the classes. However, since the class of this study was conducted for a small number of students, it is difficult to generalize the effect of the class, and so it is necessary to conduct a quantitative study for many students.

1. 서론

최근 교육 추세는 학습자가 미래 사회 변화에 대해 유연하게 대응하는 능력을 함양할 수 있도록 핵심역량의 중요성이 강조되고 있다(Ha *et al.*, 2018). OECD는 DeSeCo(Definition and Selection of Key Competencies) 프로젝트에서 핵심역량이라는 용어를 도입하였고, 핵심역량은 여러 가지 상황에서 학습자가 실제로 지식을 활용할 수 있는 능력으로 정의된다(OECD, 2003). 또, 핵심역량은 교과가 기반한 학문 지식 및 기능에 기반하여 지식, 기능, 태도 등을 통합적으로 운용하여 문제를 해결할 수 있는 능력을 말하는데(Han *et al.*, 2018), 학생들은 핵심역량을 통한 교과의 학습을 통해 교과의 본질을 더 잘 이해할 수 있다(Jeong, Min, & Lee, 2019).

2015 개정 과학과 교육과정에서는 교과역량을 함양하는 방안으로(Ministry of Education, 2015a; Han *et al.*, 2018) 미국 차세대 국가표준과학(Next Generation Science Standards, NGSS)의 8가지 ‘과학·공학 실천’을 토대로 한 8가지 ‘기능’을 제시하였고(NGSS, 2013; Yun, Ko, & Choi, 2018), 핵심역량의 달성을 위해 학생들이 학습 활동에서 교과 지식을 가지고 할 수 있기를 기대하는 것을 나타내도록 하였다(Song & Na, 2015). 2015 개정 과학과 교육과정에서는 ‘기능’을 이용한 과학 수업에서 학생이 종합적 과학 탐구 활동을 경험하

면서 능동적 학습자가 될 수 있도록 돕기 위해(Chinn & Hmelo-Silver, 2002; Kang & Lee, 2013) ‘기능’을 포함한 성취기준을 구체적으로 제시하여 학교 현장에서는 교수·학습 활동의 실질적인 기준 역할을 하도록 하였다(Choi & Paik, 2015).

과학에서는 지식을 탐색하고 자연을 이해하는 탐구 과정을 통해 자연 현상에 대한 문제를 해결하는 활동을 한다(Collette & Chiappetta, 1984). 우리나라 과학과 교육과정에서 지속적으로 학생들의 탐구 능력 향상을 강조하고 있으며(Ministry of Education, Science and Technology, 2009), 2015 개정 과학과 교육과정에서는 핵심역량이 강조되는 최근 교육 추세에 맞춰 과학 탐구 능력이 포함된 5개의 과학과 핵심역량을 제시하고 있다. 5개의 과학과 핵심역량은 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력이다(Ministry of Education, 2015b). 연구 문제를 설정한 뒤 탐구를 설계하고 수행하는 과학 탐구 활동이 학생들의 과학적 문제해결력과 과학적 탐구 능력을 신장시키므로(Byun & Kim, 2011), 과학 교육에서는 탐구 활동을 기반으로 한 수업을 통해 학생들의 핵심역량을 향상시킬 수 있도록 교수·학습적 측면에서 다양한 노력이 이뤄지고 있다.

2015 개정 과학과 교육과정이 도입된 후, 과학 교과에서 학생들의 핵심역량 향상을 위해 다양한 전략을 적용한 수업의 효과에 관한

* 교신저자 : 최원호 (stencil@scnu.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.2.87>

Table 1. Definition of ‘skills’ in the 2015 revised science curriculum

기능	정의
문제 인식	과학적 질문을 인식하거나 제기하는 것으로 현상에 관한 호기심뿐만 아니라, 모델이나 이론을 예측하거나 정교화하기 위해 혹은 탐구 문제에 더 나은 해답을 제시하기 위해 질문을 제기하는 능력
모형의 개발과 사용	탐구 대상의 특징을 명확히 나타내는 모형을 개발하고, 이를 이용하여 현상을 이해하거나 설명하는 능력
탐구 설계와 수행	체계적인 관찰이나 실험을 설계, 수행하여 질문에 대한 답을 찾아내는 능력
자료의 수집·분석 및 해석	자료를 표나 그래프와 같이 다른 사람과 의사소통할 수 있는 형태로 제시하거나, 이를 분석하여 자료를 설명하는 능력
수학적 사고와 컴퓨터 활용	수학과 컴퓨터를 사용하여 변인 간의 관계를 표현하고, 나아가 이를 이용하여 결과를 예측하는 능력
결론 도출 및 평가	증거를 들어 원리를 설명하거나 과학적 이론을 적용하여 특정 관측 및 현상을 설명하거나 문제를 해결하는 능력
증거에 기초한 토론과 논증	증거를 들어 자신의 주장을 정당화하고, 자신과 타인의 주장을 논리적으로 분석하는 기능 및 비판적인 태도로 주장이나 지식을 파악하여 토론할 수 있는 능력
의사소통	각종 문헌 자료를 수집하고 읽고 이해하여 언어를 통해 소통하는 능력

연구가 있었다. 프로젝트 기반의 탐구 수업(Ha *et al.*, 2019), 컴퓨터 시뮬레이션을 활용한 탐구 수업(Kim & Kim, 2022), 탐구적 과학 글쓰기를 활용한 과학 탐구 수업(Kim & Choi, 2022) 등에서 스스로 탐구를 수행하며 문제를 해결하는 경험을 한 학생은 강의식 수업만으로 진행한 학생들에 비해 과학과 핵심역량 함양에 긍정적 효과가 있었으며(Lee *et al.*, 2020) 또한, 과학과 핵심역량 5개를 중심으로 개발한 탐구활동 수업 등이(Chae & Lee, 2020) 학생들의 과학과 핵심역량 함양에 긍정적인 영향을 주고 있었다. 이와 같은 선행 연구들은 2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 ‘기능’의 취지에 맞게 학생들의 자기주도적 탐구 참여와 문제해결 경험의 효과를 의미하고 있다. 따라서 탐구 활동은 핵심역량 함양에 영향을 주며 총론에서는 이런 핵심역량을 구현하는 통로로서 ‘기능’을 제시하고 있으므로(Ministry of Education, 2015b), 본 연구에서 ‘기능’ 기반 탐구 활동 수업이 학생들의 과학과 핵심역량 인식에 어떤 변화를 주는지 알아보고자 한다.

Choi & Woo(2020)는 우리나라 2015 개정 과학과 교육과정의 ‘기능’이 참고한 미국 NGSS의 ‘과학·공학 실천’을 활용하여 실천 기반 과학 탐구 수업이 중학생들의 과학과 핵심역량 함양에 긍정적 효과를 보였다는 연구를 수행하였는데, 본 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정에서 핵심역량 향상을 위해 도입된 8가지 ‘기능’을 모두 적용한 과학 탐구 수업을 고등학생 대상으로 실시했을 때 핵심역량에 대한 학생들의 인식이 어떻게 변하는지와 변했다면 그 이유는 무엇인지 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구의 참여자는 고등학교 공동교육과정¹⁾인 ‘융합과학탐구’ 교과목으로 개설된 겨울 방학 과학 수업에 참여한 전라남도 소재의 고등학교 1학년 15명으로, A 고등학교 10명, B 고등학교 5명으로 구성되었다. 연구에 참여한 고등학생들은 2015 개정 교육과정을 적용한 통합과학, 과학탐구실험 수업을 각자의 고등학교에서 학습한 상태이었다.

1) 공동교육과정은 고교학점제 안착을 위한 기반 조성을 위해 운영하고 있으며, 희망 학생이 적거나 교사 수급 곤란 등으로 단위 학교에서 개설이 어려운 소인수, 심화 과목을 여러 학교가 공동으로 개설하여 운영하는 교육과정을 의미함.

2. 학생용 활동지 개발과 학생 활동

본 연구에서 이용한 활동지는 탐구적 과학 글쓰기 전략(Keys *et al.*, 1999)을 활용하여 개발한 선행연구(Shin & Choi, 2021)의 활동지를 참고하여 동일한 주제의 ‘액체의 표면장력’ 탐구 활동에 2015 개정 과학과 교육과정의 과학과 핵심역량 달성을 위해 제안된 8가지 기능을 학생들이 경험할 수 있도록 수정·보완하였다. 각 기능의 의미는 선행연구(Kwon & Park, 2020)에 제시된 정의를 이용하였으며, 참고한 8가지 기능의 의미는 (Table 1)과 같다.

학생용 활동지는 연구 문제, 연구 방법, 연구 결과, 결론 4가지의 활동 단계로 구성되어 있으며 문제 인식, 모형의 개발과 사용, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집·분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 결론 도출 및 평가, 증거에 기초한 토론과 논증, 의사소통의 8가지 기능이 활동지에 골고루 포함되도록 구성하였다. 각 기능이 포함된 활동지의 활동 단계는 (Table 2)와 같다.

기능을 기반으로 한 활동지에서 ‘문제 인식’은 이전의 활동 결과를 바탕으로 알고 싶은 새로운 연구 문제를 제안하는 기능으로 연구 문제 단계에 포함시켰다. 첫 차시에서는 ‘밀도가 다른 물과 에탄올은 동전 위에 떨어지는 방울 수에 차이가 있을까?’의 연구 문제를 제공하여 동전 위에 물과 에탄올을 떨어뜨려 방울 수를 측정하는 실험을 하게 하였고, 다음 차시부터 학생들이 활동하면서 갖게 된 의문을 바탕으로 새로운 연구 문제를 제시하도록 구성하였다. 예를 들어, 액체의 온도에 따라 동전 위에 떨어지는 방울 수에 차이가 있는지 의문점이 생겼으면, 이를 새로운 연구 문제로 설정하여 실험을 수행하도록 하였다. ‘모형의 개발과 사용’은 결론 단계에 포함시켰으며, 학생들이 서술한 주장이 얼마나 타당한지 효과적으로 설명하기 위해 비유나 모형을 고안하여 설명하게 하였다. 예를 들어, 학생들은 ‘온도에 따라 분자 간의 인력이 다르다’는 주장을 하기 위해 ‘온도’와 ‘분자’를 ‘계절’과 ‘사람’으로 비유하여 자신의 주장의 타당성을 설명하였다. ‘탐구 설계와 수행’은 관찰이나 실험을 설계 및 수행하여 질문에 대한 답을 찾아내는 기능으로 연구 문제 단계를 제외한 활동의 전반적인 부분에 포함되도록 하였으며, ‘자료의 수집·분석 및 해석’은 연구 결과를 잘 나타낼 수 있는 표와 그래프를 만들게 하고, 표와 그래프의 의미를 다른 사람이 이해하기 쉽게 작성하도록 하였다. 또한, 학생들이 ‘수학적 사고와 컴퓨터 활용’ 기능을 경험하도록 구글 공유 문서를 활용하여 보고서를 작성하게 하였으며, 표의 내용을 평균하게 하거나 표의 내용을 그래프로 그리게 하고 추세선 등을 그리게 함으로써 수

Table 2. The stages of activities that include the ‘skills’ of the 2015 revised science curriculum

활동 단계	기능	활동 내용
연구 문제	문제 인식	- 이전의 활동 결과에 대한 인식을 바탕으로 연구자가 알고 싶은 새로운 연구 문제를 제안함
	의사소통	- 개별적으로 의견을 제안한 후 조원들과 논의를 통해 공통 의견으로 조정하도록 함.
연구 방법	탐구 설계와 수행	- 연구 문제를 해결하기 위한 실험 방법을 설계하거나 실험을 수행하면서 연구 방법을 수정 보완함
	의사소통	- 개별적으로 의견을 제안한 후 조원들과 논의를 통해 공통 의견으로 조정하도록 함.
연구 결과	탐구 설계와 수행	- 체계적인 관찰이 가능하도록 관찰의 종류를 안내하고, 5가지 이상의 관찰 결과를 연구 결과에 작성하게 함
	자료의 수집·분석 및 해석	- 연구 과정에서 수행한 관찰 결과, 표와 그래프, 표와 그래프에 대한 설명을 함
	수학적 사고와 컴퓨터 활용	- 조원들이 협동하여 보고서를 작성하도록 구글 공유 문서를 활용함 - 표와 그래프는 구글 스프레드시트를 이용하여 제작하고, 그래프를 그릴 때 독립변인은 반드시 연속 변인의 형태로 표현한 후, 꺾은 선 그래프를 그리도록 함 - 그래프 해석 시에는 추세선을 도입하여 수학적으로 해석하도록 함
	의사소통	- 개별적으로 의견을 제안한 후 조원들과 논의를 통해 공통 의견으로 조정하도록 함.
결론	모형의 개발과 사용	- 선행 연구나 이론, 관찰 결과를 이용하여 주장의 타당성을 설명할 때 효과적으로 설명할 비유나 모형을 고안하고 추가 설명을 함
	탐구 설계와 수행	- 탐구 과정에서 효과적인 관찰이 가능하도록 결론의 부연 과정에 관찰 결과를 이용한 부연 설명을 하게 하고 새로운 연구 문제를 제안할 때 실험 방법이나 도구를 개선하는 아이디어를 제시하여 다음 실험의 탐구 설계를 효과적으로 하도록 함
	결론 도출 및 평가	- 연구 결과를 바탕으로 알게 된 사실을 진술함
	증거에 기초한 토론과 논증	- 결론에서 작성한 주장에 대한 근거를 작성하고, 선행 연구나 이론 등을 조사하여 주장의 타당성을 설명함
	의사소통	- 개별적으로 의견을 제안한 후 조원들과 논의를 통해 공통 의견으로 조정하도록 함.

학적으로 해석하도록 구성하였다. ‘결론 도출 및 평가’ 기능은 연구 결과를 바탕으로 결론을 도출하도록 결론 단계에 포함시켰으며, ‘증거에 기초한 토론과 논증’ 기능을 위하여 선행 연구를 검색하여 도출한 결론의 타당성을 설명하도록 하였다. 마지막으로 활동의 전 단계에 ‘의사소통’ 기능을 포함시켜 학생들이 연구 문제를 제안하는 것부터 결론을 도출하기까지 개별적으로 제시한 의견을 조원들과 의사소통을 통해 공통 의견으로 조정하도록 구성하였다.

3. 수업 방법

본 연구의 수업은 하루 5시간 4일 동안 총 20시간 진행하였으며, 학생들은 3인 1조로 조를 이루어 탐구를 수행하였다. 본 연구의 1일 차에 ‘밀도가 다른 물과 에탄올은 동전 위에 떨어지는 수에 차이가 있을까?’라는 연구 문제를 제시하여 학생들 스스로 관찰 및 탐구 수행 후 연구 결과를 작성하게 하였다. 학생들은 연구 결과를 분석하여 활동 단계의 결론 부분을 조원과 논의를 거쳐 작성했으며, 결론 작성 과정에서 연구하고 싶은 새로운 연구 문제를 제안하도록 하였다. 2~3일 차는 전날에 설정한 새로운 연구 문제를 토대로 4가지의 활동 단계를 수행하였다. 4일 차는 3일 차에 설정한 연구 문제로 탐구를 진행하여 보고서를 작성한 뒤, 4개의 보고서를 종합하여 4일 동안 진행했던 탐구 결과를 종합한 최종 보고서를 작성하였다. 그리고 최종 보고서를 작성한 후 조별로 탐구 결과를 발표하고 조별 탐구 결과에 대해 의견을 제시하는 과정을 거쳤다.

4. 분석 도구 및 분석 방법

본 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 8가지 ‘기능’을 적용한 수업에서 학생들의 과학과 핵심역량에 대한 인식을 알아보

기 위해 선행 연구(Ha et al., 2018)에서 핵심역량 측정을 위해 개발한 25개의 문항을 검사지로 사용하였다. 핵심역량 인식 검사지는 과학과 핵심역량인 ‘과학적 사고력(5문항)’, ‘과학적 탐구 능력(5문항)’, ‘과학적 문제해결력(5문항)’, ‘과학적 의사소통 능력(5문항)’, ‘과학적 참여와 평생 학습 능력(5문항)’으로 총 25개 문항으로 구성되어 있으며, 각 문항은 ‘매우 그렇다’를 5점, ‘매우 그렇지 않다’를 1점으로 한 5점 리커트 척도형으로 구성하였다. 학생들은 과학과 핵심역량에 대한 이해도가 낮아서 사전 검사를 실시하기 전에 2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 과학과 핵심역량의 정의와 의미를 이용하여 먼저 설명하였다.

검사지는 수업 1일 차 첫 시간에 사전 검사를 실시하였으며, 4일 차 수업 종료 직전에 사후 검사를 실시하여, 사전·사후 평균 차이를 알아보는 대응표본 t 검정을 실시하였다. 그리고 사후 검사 후 ‘기능’을 기반으로 한 수업을 통해서 과학과 핵심역량이 향상되었다고 생각 하는지와 그렇게 생각한 이유를 이 수업의 구체적인 활동과 관련지어 서술하게 하였으며, 학생들이 응답한 내용의 특징을 연구자가 분석하였다. 응답 내용 분석은 학생들의 응답에서 나타나는 공통적인 특징을 찾아 유형화하고, 각 유형에 해당하는 학생 응답 수를 조사하였다. 학생들의 응답에서 여러 가지 유형이 나타날 경우, 각 유형별로 중복 합산하였다. 마지막으로 핵심역량별 응답 유형에 대하여 과학교육 전문가 1인과 과학교육 석사과정 2인의 지속적인 검토를 거쳐 합의함으로써 타당도를 확보하였다.

III. 연구 결과

1. 과학과 핵심역량 인식에 대한 사전-사후 검사 결과

‘기능’을 기반으로 한 수업을 진행하기 전과 후에 과학과 핵심역량

Table 3. Average score of science core competency

핵심역량	사전		사후		t	유의확률 (양측)
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학적 사고력	3.92	0.580	4.49	0.446	-5.467	0.000**
과학적 탐구 능력	3.71	0.618	4.53	0.451	-6.395	0.000**
과학적 문제해결력	3.93	0.626	4.53	0.543	-4.305	0.001**
과학적 의사소통 능력	4.00	0.561	4.39	0.504	-4.005	0.001**
과학적 참여와 평생학습 능력	4.15	0.498	4.60	0.496	-4.208	0.001**
전체	3.94	0.525	4.51	0.444	-5.971	0.000**

*p<0.5, **p<0.001

에 대한 인식 검사를 실시하였을 때 5가지 핵심역량 평균값은 사전에 비해 사후에 0.57 증가하였으며, 유의수준 0.01 기준으로 통계적으로 유의미하게 증가하였다. 하위 핵심역량별 평균값은 사전에 비해 사후에 모두 증가하였고, 가장 많이 증가한 하위 핵심역량은 과학적 탐구 능력으로 사전 평균 3.71에서 사후 평균 4.53으로 증가하였다. 가장 적게 증가한 하위 핵심역량은 과학적 의사소통 능력이었으며 사전 평균 4.00에서 사후 평균 4.39로 증가하였다(Table 3).

과학과 핵심역량의 하위 역량인 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력은 사전 평균 3.71~4.15 사이에서 사후 평균 4.39~4.60으로 모두 증가하였고, 모두 유의수준 0.01 수준에서 통계적으로 유의미하게 증가하였다. 따라서 본 연구에 참여한 학생들의 핵심역량 인식에 대한 검사 결과를 통해, ‘기능’을 기반으로 한 본 연구의 탐구 수업이 과학과 핵심역량에 긍정적 영향이 있음을 알 수 있다.

2. ‘기능’ 기반 수업에 대한 학생들의 인식

본 연구의 수업에 참여한 학생들에게 수업 종료 후, 수업이 과학과 핵심역량 향상에 도움이 되었다고 인식하는지 알아보기 위해 수업에 대한 인식 검사를 실시하였다. 각 핵심역량별 학생들의 인식 결과는 다음과 같다.

가. 과학적 사고력

학생들의 응답을 분석하면 전체 15명 중 15(100%)명의 학생들이 과학적 사고력이 향상되었다고 인식하였으며, 향상된 이유로 다음과 같은 유형들이 관찰되었다(Table 4).

Table 4. Response types of students who perceived that scientific thinking ability improved

유형	응답수
결과를 바탕으로 결론을 도출하고, 결론의 타당성을 설명하는 과정을 통해서	8
실험 결과를 바탕으로 새로운 연구 문제를 제안하는 경험을 통해서	4
예상과 다른 실험 결과의 원인을 찾는 과정을 통해서	4
연구 문제를 해결하기 위해 실험 과정을 직접 설계하는 경험을 통해서	2
실험 결과를 해석하기 위해 선행연구나 이론을 탐색하는 과정을 통해서	2

- 결과를 바탕으로 결론을 도출하고, 결론의 타당성을 설명하는 과정을 통해서

학생들은 자신이 설정한 연구 문제를 해결하기 위하여 실험 과정을 직접 설계하여 수행한 뒤, 실험 결과를 바탕으로 결론을 도출하였다. 이 과정에서 학생들은 자신의 조에서 수행한 실험 결과를 비교·분석하여 자료 사이에 어떤 의미가 있는지 해석하고 이를 바탕으로 결론을 도출하는 활동을 경험하였고(S9), 자신들이 도출한 결론이 얼마나 타당한지를 근거를 찾아 설명하는 경험을 4일간 반복적으로 수행하였다(S12). 이렇게 증거를 바탕으로 결론의 타당성을 주장하는 부연 설명의 경험을 통해 학생들은 과학적 사고력 향상에 영향을 받은 것으로 보인다(Park & Chung, 2012; Jang, Nam, & Choi, 2012). 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S9: 3일 차 실험에서 단위 시간당 뷰렛에서 떨어지는 물방울 수에 따라 동전 위에 떨어지는 물방울 수의 변화를 측정할 때, 매 실험에서 오차가 굉장히 큰 결과가 나왔다. ... (중략) 하지만 각 자료를 비교하고 분석해 물질의 표면장력은 물방울이 떨어지는 속도와 직접적인 연관이 없다는 결론을 도출해낼 수 있었다.

S12: 실험을 하고 과학적인 주장을 할 때 항상 그 주장에 대한 근거와 이유를 찾으려고 끊임없이 노력하게 만드는 수업이었고 또한 실험의 결과를 모르는 상태로 직접 실험하니가 원래 잘 알고 있던 과학적인 지식이라도 꼼꼼히 찾아보고 그 과학적 지식으로 추론을 하고 다양하고 독창적인 아이디어를 만들 수 있었다.

- 실험 결과를 바탕으로 새로운 연구 문제를 제안하는 경험을 통해서
- 학생들은 첫 차시에 제시된 연구 문제를 해결하면서 결론을 도출했고, 결론의 타당성을 분석하는 과정에서 이전 실험에서 해결하지 못했거나 더 알고 싶은 내용을 새로운 연구 문제로 설정하였다. 이 과정에서 학생들은 실험이 끝나고 자신의 실험 과정 전체를 되돌아보면서 문제점이 무엇인지를 사고하였는데, 이때 부족한 점을 보완하기 위해 다음 차시에 새로운 연구 문제로 제안하거나(S2), 기존 실험에서 개선하고 싶은 점을 새로운 연구 문제로 제안하는 과정을 거쳤다(S5). 학생들은 탐구 활동에서 결론의 타당성을 설명하는 과정에서 자신의 탐구 활동에 대하여 반성하는 과정을 통해 새로운 연구 문제를 찾게 되었는데, 이렇게 반성 과정을 통해 새로운 연구 문제를 탐색하는 경험이 학생들의 과학적 사고력 향상에 영향을 준 것으로 보인다(Shim & Song, 2011). 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S2: ... (중략) 실험이 끝나고 새로운 연구 문제와 궁금한 이유에 대해서 작성해 보면서 다시 한번 실험 과정을 되돌아보고 문제가 된 요인들을 발견하면서 새로운 연구를 위해 변화시킬 변인을 생각함으로써 과학적 사고력을 향상시켰다.

S5: 실험을 바탕으로 더 알고 싶은 연구 문제와 그것이 궁금한 이유를 생각하고 기존 실험의 개선점 등을 찾는 활동을 하면서 논리적 추론 능력이나 비판적 사고능력, 다양하고 독창적인 아이디어 산출 능력 등이 크게 향상되었다고 생각한다.

• 예상과 다른 실험 결과의 원인을 찾는 과정을 통해서

본 연구의 수업에서 학생들은 이론을 다시 확인하는 형태의 실험이 아니라 학생들이 새롭게 연구 문제를 제안하고 검증하는 탐구를 진행하였다. 이 과정에서 학생들은 자신이 처음에 예상한 것과 다른 실험 결과를 자주 마주하였는데, 이때 실험 결과가 예상과 다르게 나온 이유를 생각하며 자신의 실험 과정에서 문제점을 찾거나(S13), 본인들이 수행한 실험 결과를 토대로 예상과 다른 실험 결과의 원인을 찾는 경험을 하였다(S14). 학생들은 이 과정에서 예상과 추리에 기반하여 다양한 논증 활동을 경험하였고, 이를 통해 과학적 사고력 향상에 영향을 받은 것으로 보인다(Jeong & Shin, 2018). 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S13: 실험을 하고 보고서를 쓰는 과정에서 다양한 과학적 원리를 분석해 보았고 시행착오를 겪는 과정에서 실험이 생각과 다르게 나온 이유를 생각해 보니 과학적으로 무엇이 잘못되었는지 파악해 볼 수 있었기 때문이다.

S14: 이번 실험에서 우리가 직접 실험을 통해 과학적으로 증거를 찾고 직접 예상된 결과가 아닌 우리가 직접 해낸 실험을 토대로 결론을 내는 활동을 해보면서 많이 향상된 것을 느낀 것 같다.

• 연구 문제를 해결하기 위해 실험 과정을 직접 설계하는 경험을 통해서

본 연구의 수업은 첫 차시에 제시된 연구 문제 해결을 위한 탐구를 수행하고, 조원들과 논의를 통해 새로운 연구 문제를 설정하면서 다음 차시의 탐구를 진행하도록 구성하였다. 학생들은 설정한 연구 문제를 해결하기 위해 학생들이 직접 실험 과정을 설계할 때는 독립변인과 종속변인의 관계를 고려해야 하는데, 이때 학생들은 통제해야 할 변인을 고려하면서 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 독립변인을 고려하는 경험을 하게 되었고(S2), 실험 과정을 설계할 때 특정 한 부분만 고려하는 것이 아니라 연구 문제 해결을 위해 실험 전체 과정을 생각하면서 설계하는 경험을 하였다(S4). 이처럼 학생들이 연구 문제의 종속 변인에 영향 주는 요인이 무엇인지 곰곰이 생각하면서 실험 과정에 대해 고민하는 경험을 통해 과학적 사고의 기회를 갖게 된 것으로 보인다(Park & Moon, 2013). 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

S2: 실험을 시작하기 전에 정확한 실험 결과를 관찰하기 위해서 변인들을 통제할 때 실험에 영향을 줄 수 있는 요인과 상황이 무엇이 있는지 생각하면서 다양한 사고를 가지게 되었고 ... (중략).

S4: ... (중략) 실험을 계획할 때 실험 과정을 직접 설계하면서 실험의 전체적인 틀을 머릿속으로 구상하는 사고력이 발달했다.

• 실험 결과를 해석하기 위해 선행연구나 이론을 탐색하는 과정을 통해서

학생들은 본 연구의 수업에서 실험 결과로부터 결론을 작성하고, 결론에서 주장하는 내용의 타당성을 확보하기 위해 관련 이론 및 선행 연구를 조사하도록 요구받았다. 이때 학생들은 결론에서 자신이 주장한 내용과 관련된 선행연구를 조사하고 결론과의 관련성을 논리적으로 생각하는 경험을 하였으며(S8), 실험 결과를 해석하기 위하여 필요한 선행연구 찾고, 이때 알게 된 과학 지식으로 실험 결과의 의미를 새롭게 해석해 내는 경험을 하였다(S10). 이 과정에서 학생들은 과학적 사고력이 향상된 것으로 인식하였으며, 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

S8: 그래프를 분석할 때 과학적으로 생각하고 선행자료를 조사하여 실험 결과를 정리하면서 과학적으로 생각하는 능력이 향상된 것 같다.

S10: 동전 위에 액체의 방울을 떨어뜨릴 때 에탄올과 물의 방울 수에 차이가 있다는 실험을 하고 이를 과학적 지식과 연결하기 위해 표면장력 현상을 문헌과 지식백과를 통해 알아보았다. 물이 에탄올보다 방울 수가 더 많은 것은 표면장력의 크기 차 때문이고 이는 곧 분자 간의 인력과 연결된다는 것을 선행 연구를 탐구하는 과정에서 알게 됐다.

나. 과학적 탐구 능력

학생들의 응답을 분석하면 전체 15명 중 15(100%)명의 학생들이 과학적 탐구 능력이 향상되었다고 인식하였으며, 향상된 이유로 다음과 같은 유형들이 관찰되었다(Table 5).

Table 5. Response types of students who perceived that scientific inquiry ability improved

유형	응답수
선행 연구를 조사하여 결론에서 주장의 타당성을 부연 설명하는 과정을 통해서	7
연구 문제 해결을 위해 수집한 자료를 직접 해석하여 결론을 내리는 경험을 통해서	5
조원들과의 지속적 논의하면서 탐구하는 경험을 통해서	5
실험 결과 관찰을 통해 새로운 연구 문제를 제안하는 경험을 통해서	2
연구 문제를 해결하기 위해 실험 과정을 직접 설계하는 경험을 통해서	2
실험 결과를 표나 그래프로 다양하게 표현하면서	2

• 선행 연구를 조사하여 결론에서 주장의 타당성을 부연 설명하는 과정을 통해서

학생들은 자신이 설정한 연구 문제를 해결하기 위하여 탐구를 수행하였고, 이 과정에서 얻은 결론의 타당성을 확보하기 위해 선행연구를 조사하여 부연 설명하는 과정을 거쳤다. 이 과정에서 학생들은 결론의 타당성을 확보하기 위해 필요한 논문 등의 선행연구 자료를 찾아 읽으면서 과학 지식을 얻거나(S2), 실험 결과와 선행연구 자료를 비교하면서 결론의 타당성을 설명하는 과정을 통해(S10) 과학적 탐구 능력이 향상된 것으로 인식하였다. 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S2: 과학적 문제 해결을 위해서 직접 실험을 해보고 논문 같은 전문성 있는 자료를 찾아보고 모둠원들과 직접 토론도 하며 다양한 방법으로 실험 결과에 대한 증거를 모아서 과학적인 지식을 가지게 유도하는 수업이었기 때문에 과학적 문제해결력이 향상되었다.

S10: 보고서를 작성할 때, 결론 부분을 쓰며 우리가 수집한 자료를 정리하고 분석하는 과정에서 과학적 탐구 능력이 향상되었다고 느꼈다. 특히 우리가 실험한 결과와 선행연구 자료를 비교하며 그 타당성을 주장하는 글을 쓰면서 의미가 없어 보이는 값에도 의미를 부여하고 거기에서 새로운 과학 지식을 얻을 수 있었다.

- 연구 문제 해결을 위해 수집한 자료를 직접 해석하여 결론을 내리는 경험을 통해서

학생들은 자신이 설정한 연구 문제를 바탕으로 탐구 과정에서 수집한 결과를 이용하여 결론을 도출했다. 이때 학생들은 실험 결과를 표와 그래프로 나타내면서 변인 간의 관계성을 찾아내어 결론을 도출하는 경험을 하였고(S4), 실험 결과를 이용하여 연구 문제에서 설정한 변인 사이에 어떤 관련이 있는지 해석해 보는 경험을 하였는데(S8), 이 과정에서 학생들은 과학적 탐구 능력이 향상된 것으로 인식하였다. 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S4: 이 연구 문제를 해결하기 위해 여러 가지 통제 상황을 두고 실험을 진행하였으며 그 결과를 표로 정리하고 그래프로 나타내는 과정에서 에탄올 수용액의 몰농도에 따른 표면장력의 관계성을 파악하였고 이를 통해 에탄올이 물보다 표면장력이 작다는 새로운 과학 지식을 습득하게 되었다.

S14: 우리가 했던 실험들의 변인들을 우리가 직접 경험 보고, 그 변인을 이용하여 실험을 해보고 그 실험 과정에서 실험에 대한 증거를 얻고 해석하는 활동을 해보면서 향상된 것 같다.

- 조원들과의 지속적 논의하면서 탐구하는 경험을 통해서

본 연구의 수업에서는 3인 1조로 조를 이루어 탐구를 진행하였다. 이때 학생들은 연구 문제 설정, 실험 진행, 실험 결과 해석, 결론 도출 등 탐구의 전 과정을 조원들과 함께 수행하였다. 본 연구의 수업은 연구 문제를 매 차시 새롭게 설정하여 진행하였기 때문에 학생들은 연구 문제 설정부터 결론을 내리는 과정이 낯설고 어려울 수밖에 없었다. 이 과정에서 학생들은 서로 논의를 통해 탐구 전 과정에서 발생하는 어려운 상황을 함께 해결하는 경험을 하였고(S13), 결론의 타당성을 설명하는 과정에서 새롭게 조사한 선행연구나 이론을 조원들과 함께 조사하며 조사 자료를 이해하기 위해 조원들과 함께 논의하는 경험을 하였다(S11). 이렇게 조원들과의 논의 과정을 통해 학생들이 함께 조사한 자료와 실험 결과를 연계시키며(Jung & Chung, 2013) 실험 결과를 다각적으로 분석하거나 결론을 도출하는 탐구 경험을 통해(Lee & Paik, 2020) 학생들은 과학적 탐구 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S11: 매시간 주제가 정해지면 필요한 준비물이나 실험 과정, 관련 배경 지식 등을 인터넷으로 조사하거나 모둠원들과 토론하여 주제에 대해 더 좋은 실험을 하는 계기가 될 수 있었다.

S13: 모둠원들과 연구 문제부터 결론까지 스스로 탐구하면서 과학적 탐구 능력이 향상될 수 있었다.

- 실험 결과 관찰을 통해 새로운 연구 문제를 제안하는 경험을 통해서

본 연구의 수업에서 학생들은 탐구 과정에서 다양한 현상을 관찰한 뒤에 관찰 결과를 5가지 이상 작성하도록 요구받았다. 이 과정에서 학생들은 관찰 결과에 대해 궁금증을 갖고 그것을 다음 실험의 연구 문제를 제안하거나(S5), 관찰 결과에서 측정 오차가 많다는 것을 확인한 뒤에 측정 오차를 줄이기 위하여 다양한 탐구 방법으로 새로운 연구 문제를 설정하고 검증하는 과정을 거쳤다(S12). 이렇게 학생들은 실험 조건이 열려 있는 자유탐구 형태의 탐구 경험을 통해 과학 탐구 능력 향상에 영향을 받아(Lee & Lee, 2010) 과학적 탐구 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

S5: 동전 위에 물방울과 에탄올 방울을 떨어뜨리는 과정에서 '왜 두 방울의 모양이 다르지?'라는 생각을 가지게 되었고, 그 생각을 연구 주제로 하여 실험 과정을 세울 수 있었기 때문이다.

S12: 방울 수를 스포이트로 측정하는 실험이 오차가 많다는 것을 실험 1에서 알게 되어 실험 2에서는 뷰렛을 실험 3에서는 Logger pro3(mbl)을 사용하는 등 측정오차를 줄이기 위해 다양한 실험 방법을 고안해 봤다. 실험 4에서는 표면장력을 고리를 용액에 닿게 한 뒤 끌어올렸을 때의 질량 차이를 전자저울로 측정해 표면장력을 직접 구함으로써 실험 1~3과는 방향이 다른 새로운 실험을 하였다.

- 연구 문제를 해결하기 위해 실험 과정을 직접 설계하는 경험을 통해서

본 연구의 수업에서 학생들은 연구 문제를 직접 설정하고 이를 해결하기 위해 탐구 과정을 직접 설계하였는데, 이 과정에서 학생들은 문제 해결을 위해 필요한 지식을 스스로 조사하여 다양한 탐구 과정을 설계하거나(S3), 탐구 과정이나 결과를 관찰하며 탐구 과정에서 설정한 변인을 통제하는 방법을 경험하였다(S7). 이렇게 학생들이 설정한 연구 문제를 해결을 위하여 설계한 탐구 과정이 적절한지 반성적으로 사고하는 경험을 통해(Im, Na, & Choi, 2021) 학생들은 과학적 탐구 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

S3: 문제 해결하기 위해 여러 지식을 선행 조사하여 과학지식을 얻고 다양한 방법으로 실험을 설계하여 실험하고 여러 실험 결과를 수집하여 결론에 도출하여 새로운 과학 지식을 얻는 방법을 터득하였습니다.

S7: 관찰을 하면서 어떠한 변인을 통제해가며 실험해야 하는지 제대로 알 수 있었고 실험 중 피드백을 받으며 개선해야 할 부분을 고치는 과정에서 많은 것을 배울 수 있었기 때문이다.

- 실험 결과를 표나 그래프로 다양하게 표현하면서

본 연구의 수업에서 학생들은 실험을 수행한 뒤 실험 결과를 연구 문제의 목적에 맞는 표나 그래프로 표현하고, 표와 그래프의 의미를 설명하도록 요구받았다. 이때 학생들은 연구 문제의 목적에 맞게 실험 결과를 잘 나타낼 수 있는 표와 그래프의 형태를 생각해 보거나(S6), 표 형태로 제시된 실험 결과를 그래프의 형태로 시각적으로 표현하면서 자료 사이의 관계를 해석해 낼 수 있었던 것으로 보인다

(S10). 이 과정에서 학생들은 과학적 탐구 능력이 향상된 것으로 인식하였다. 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

S6: 실험 결과를 바탕으로 엑셀을 통해 실험 결과를 표로 정리하고 그래프로 산출하는 과정에서 정보 능력과 과학적으로 통계를 내는 능력이 발전했다. 자료의 성질에 따라 그래프를 사용할지 표를 사용할지 그래프라면 어떤 그래프를 어떤 상황에 사용해야 하는지 생각하면서 탐구 능력이 향상되었다 ... (중략).

S10: ... (중략) 2일 차 실험에서 예상대로라면 에탄올의 물농도가 가장 낮아 표면장력은 가장 높은 값이 나와야 하는 실험에서 가장 낮은 값이 나왔다. 자료를 정리할 때는 의미가 없는 게 아닌가, 하는 생각을 했지만 그래프를 그리고 추세를 보며 자료를 분석해 에탄올의 물농도와 표면장력에 관련이 있음을 밝혀낼 수 있었다.

다. 과학적 문제해결력

학생들의 응답을 분석하면 전체 15명 중 15(100%)명의 학생들이 과학적 문제해결력이 향상되었다고 인식하였으며, 향상된 이유로 다음과 같은 유형들이 관찰되었다(Table 6).

Table 6. Response types of students who perceived that scientific problem solving ability improved

유형	응답수
선행 연구 조사를 통해 새로운 지식을 얻어서	6
연구 문제를 해결하기 위해 실험 과정을 직접 설계하는 경험을 통해서	5
연구 문제를 직접 제안하거나 해결하는 경험을 반복하면서	4
조원들과 논의를 통해 생각을 공유하면서	2

• 선행 연구 조사를 통해 새로운 지식을 얻어서

학생들은 탐구 수업에 대한 결과를 정리하고 결과로부터 알 수 있는 사실을 결론에서 주장한 뒤, 주장의 타당성을 설명하기 위해 선행연구 및 이론을 조사하는 경험을 하였다. 이 과정에서 학생들은 과학 지식을 새롭게 학습하였고, 이를 이용하여 결론의 주장을 부연 설명하면서 실험 결과의 의미를 해석하거나(S7), 궁금했던 문제를 해결하는 과정에서 자신들의 탐구 활동에서 새롭게 학습한 지식을 이용하여 문제를 해결하였다(S2). 과학 탐구에서 문제를 해결하기 위해서 과학 지식이 필요한데(Seong, 2003), 본 연구에 참여한 학생들은 자신들의 탐구 활동에서 새롭게 얻은 과학 지식을 활용하여 탐구 결과를 해석하고 연구 문제를 해결하는 경험을 하였으며, 이러한 경험을 통해 학생들은 과학적 문제해결력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S2: 다양한 조사 방법을 통해서 과학적 지식을 습득하고 그로 인한 과학적 사고를 활용하여서 문제를 해결하는 능력이 길러졌다. 예를 들면 밀도와 표면장력과의 관계에서 분자 간의 인력이라는 과학적 지식을 이용하여 밀도와 표면장력 간의 밀접한 관계를 알게 된 실험이 있다.

S7: 평소에 실험만 하고 끝냈지만 실험 결과를 증명해 내기 위해서 화학 1, 화학 2, 일반화학 책을 찾아보면서 다양한 과학적 원리와 이론에 대해 배울 수 있었고 결과를 증명해 내는 과정에서 문제해결력을

향상시킬 수 있었기 때문이다.

• 연구 문제를 해결하기 위해 실험 과정을 직접 설계하는 경험을 통해서

본 연구의 수업은 연구 문제를 직접 설정하고, 이 연구 문제를 해결하기 위해서 학생들이 직접 탐구 과정을 설계하도록 구성하였다. 이때 새로운 연구 문제에 대해서 정확한 실험 결과를 산출하기 위하여 연구 방법이나 도구들을 탐색해 보거나(S8), 탐구 결과를 바탕으로 더 탐구해 보고 싶은 연구 문제를 설정하고, 탐구 과정을 설계하는 연속적 탐구 설계의 경험을 하였다(S9). 이렇게 학생들은 스스로 연구 문제를 해결하기 위하여 실험을 설계하는 활동을 통하여 과학적 문제 해결력 향상에 영향을 받은 것으로 보인다(Lee & Lee, 2010). 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S8: 새로운 연구 과제에 대해서 다른 연구 방법이나 도구들을 찾아보면서 어떻게 하면 좀 더 간편하고 정확하게 실험 결과를 산출할 수 있을지 생각하면서 문제해결능력이 늘어났다.

S9: 실험을 수행하고 이 수행한 실험을 바탕으로 궁금증을 해결할 수 있는 또 다른 실험을 설계하여 과학적 문제를 해결함으로써 과학적 문제 해결력이 향상된 것 같다.

• 연구 문제를 직접 제안하거나 해결하는 경험을 반복하면서

본 연구의 수업은 첫 차시에 제시된 연구 문제 해결을 위한 탐구를 수행하고, 조원들과 논의를 통해 새로운 연구 문제를 설정하면서 다음 차시의 탐구를 진행하도록 구성하였다. 이때 학생들은 실험 결과를 잘 나타낼 수 있도록 실험 방법을 개선하여 새로운 연구 문제로 설정하거나(S6), 설정한 연구 문제를 반복적으로 해결하는 경험을 하였다(S1). 이렇게 지난 탐구 결과를 바탕으로 새롭게 연구 문제를 제안하며 연구 문제를 해결하는 활동을 반복적으로 경험하면서 학생들은 과학적 문제해결력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다(Go & Kang, 2014). 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S6: ... (중략) 두 번째 실험에서 동전에 스포이트로 했었는데 실험 결과가 예상과 다르게, 또 뚜렷한 상관관계가 없이 나와서 세 번째 실험에서 실험 방법을 모세관 실험으로 다르게 바꿔서 실험했는데 비슷한 주제로 실험 방법을 달리하면서 오류를 수정하는 과정을 통해 오류를 찾아내는 능력과 관찰력 문제해결력을 키웠다.

S1: 처음 실험을 진행할 때에는 주어진 연구 문제에 대해 어떤 방법으로 탐구해야 하는지 갈피를 잡기 어려웠으나, 시간이 지날수록 과학적으로 주어진 문제를 해결할 수 있는 방법을 떠올리는데 어려움이 처음보다는 줄어든 것을 느낄 수 있었기 때문이다.

• 조원들과 논의를 통해 생각을 공유하면서

본 연구의 수업은 탐구의 전 과정을 조원들과 함께 수행하고, 수행한 결과나 결과로부터 얻은 결론 등을 조원과의 협의를 거쳐 구글 문서에 보고서 형식으로 작성하였다. 이 과정에서 학생들은 실험에서 얻은 과학적 지식에 대해 조원들과 생각을 공유해 보는 경험을 하거나(S3), 풀리지 않는 연구 문제를 조원들과 함께 고민하면서 연구 문제를 해결하는 경험을 하였다(S14). 연구 문제 해결과 같이 동일한 이슈에 대해 서로 논의하는 과정에서 학생들은 새로운 지식을 구성할 수 있는데(Lemke, 1990), 이를 통해 학생들은 과학적 문제해결력이

향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

- S3: 여러 자료를 조사하고 실험을 통해 얻은 과학적 지식과 팀원들끼리 자신의 생각을 공유하면서 과학적 사고를 하여 팀원들이 경한 궁금증을 해결해나가는 능력이 향상되었습니다.
- S14: 우리의 실험이기에 우리가 과학자가 되어서 과학적 사고를 해보면서 혼자서도 문제에 대해 생각해 보고 풀리지 않을 때에는 조원들과 멘토 선생님과 함께 생각해 보면서 과학적으로 문제를 해결해나갈 수 있었다.

라. 과학적 의사소통 능력

학생들의 응답을 분석하면 전체 15명 중 15(100%)명의 학생들이 과학적 의사소통 능력이 향상되었다고 인식하였으며, 향상된 이유로 다음과 같은 유형들이 관찰되었다(Table 7).

Table 7. Response types of students who perceived that scientific communication ability improved

유형	응답수
연구 결과에 대한 서로 다른 해석을 조정하여 문제를 해결하면서	7
실험 방법을 개선하기 위해 조원들과 토의하면서	5
실험에서 각자의 역할을 분담하고 그 결과를 수합하면서	2
우리 조의 발표에 대한 다른 조의 의견을 청취하여 조정하는 과정에서	2

- 연구 결과에 대한 서로 다른 해석을 조정하여 문제를 해결하면서
본 연구의 수업에서 학생들은 탐구 수업에 대한 실험 결과를 정리하고 조원들의 합의를 거쳐 실험 결과로부터 알 수 있는 사실을 결론에서 주장하며 선행연구를 조사하여 결론의 타당성을 설명하도록 요구받았다. 이때 실험 결과에 대한 해석이 학생들마다 다를 수 있는데, 각자의 생각을 근거를 들어 논리적으로 조원들에게 설명하면서 조의 공통적인 생각으로 조정하거나(S1), 실험 결과를 설명하는 데에 더 적절한 설명이 무엇인지 조원들과 함께 이야기하였다(S10). 과학 탐구는 문제를 해결하기 위해 과학적 의사소통이 일어나는 과정(Watson & Swain, 2004)이기 때문에 학생들은 문제를 해결하기 위하여 조원과 생각을 조정하는 과정을 끊임없이 경험하게 되었고, 이를 통해 학생들은 과학적 의사소통 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

- S1: ... (중략) 관련 지식들을 미리 연구한 후 분자 간 인력&표면장력&계면활성제 등의 관련성에 대해 토의하는 것이 논리적으로 조원들과 의사소통할 수 있으며 더 적합한 결론을 도출해낼 수 있다는 사실을 깨달았으며, 한 연구 문제에 대한 서로 다른 해석을 할 때 논리적인 이유를 근거로 의견을 조정하는 활동을 수행하였기 때문이다.
- S10: 조원과 함께 보고서를 작성하며 여러 차례 토론을 하고, 더 알맞은 결론을 이끌어내기 위해 노력하였다. 특히 실험 결과를 설명하기 위한 모형이나 비유를 제시하는 과정에서 조원들과 이야기를 나누고, 무엇이 더 알맞은 비유인지 주장하며 의사소통 능력을 기를 수 있었다 ... (중략).

- 실험 방법을 개선하기 위해 조원들과 토의하면서
본 연구의 수업에서 학생들은 직접 연구 문제를 설정하고 탐구 과정을 설계·수행한 뒤에 실험 결과를 도출했고, 실험에서 부족하다고 느끼거나 더 궁금했던 내용을 새로운 연구 문제로 설정하여 탐구를 수행했다. 이때 수행했던 탐구의 실험 결과가 연구 문제에서 예상했던 것과 다르게 나오는 경우가 많은데, 이때 그 이유를 찾기 위해 실험 방법을 어떻게 개선할지 조원들과 논의하거나(S4), 새로운 연구 문제를 설정하고 실험 방법을 새로 설계하는 과정에서 이전 실험에서의 문제점과 보완점을 조원들과 논의하는 경험을 했다(S8). 결론이 정해져 있지 않은 개방적 탐구 환경에서 의사소통이 촉진되는데(Hwang & Woo, 2019), 본 연구에서도 결론이 정해져 있지 않은 탐구 환경에서 연구 문제 설정, 탐구 방법 설계 등 다양한 과정에서 조원과 토의하는 경험을 하면서 학생들은 과학적 의사소통 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

- S4: 두 번째 실험 결과가 문헌 값과 다르게 나오자, 그 결과를 조원들과 공유하였고 조원들과 이 실험의 결과가 이렇게 나온 까닭은 무엇이며, 더 정확한 결과를 위해서 개선해야 할 점이 무엇인지 토의하였다 ... (중략).
- S8: ... (중략) 새로운 연구 문제를 조정하는 과정에서도 무엇이 이전 실험에서 부족했는지 무엇이 궁금한지 서로 공유하면서 의견을 일치시켰기 때문이다.

- 실험에서 각자의 역할을 분담하고 그 결과를 수합하면서
본 연구의 수업에서는 3인 1조로 조를 이루어 연구 문제 설정, 실험 설계, 실험 결과 해석, 결론 도출 등 탐구의 전 과정을 조원들과 함께 수행하였다. 이때 학생들은 일의 효율성을 위해 실험 준비 및 진행, 보고서 작성 등에서 역할을 나눌 수밖에 없었는데, 각자 상대적으로 더 잘할 수 있는 역할이 무엇인지 의견을 교환하며 탐구를 수행하였다. 학생들은 각자 수행한 결과에 대해 피드백을 주고받았으며(S5), 수업 초기에는 각자 역할이 효과적으로 수행되지는 않았지만, 수업을 진행할수록 각자의 역할을 잘 이해하여 역할 분담을 통한 활동이 체계적으로 진행되었던 경험을 했는데(S9), 이 과정에서 학생들은 과학적 의사소통 능력이 향상된 것으로 인식하였다. 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

- S5: 모든 실험에서 서로가 잘할 수 있는 부분(보고서 작성, 실험 진행, 실험 준비 등)을 나누어 역할을 담당했고 서로의 결과를 말해주면서 부족한 부분을 채워나갈 수 있어서 향상되었다 생각한다.
- S9: 처음에는 역할분담이 잘되지 않았지만, 하루하루가 지나면서 역할 분담도 체계적으로 되고 실험 시간도 단축되어 과학적 의사소통이 향상된 결과라고 생각한다.

- 우리 조의 발표에 대한 다른 조의 의견을 청취하여 조정하는 과정에서
본 연구의 수업에서는 탐구의 전 과정을 마친 후 탐구에서 얻은 데이터를 조원들의 합의를 거쳐 구글 공유 문서에 보고서 형식으로 작성하도록 요구받았다. 학생들은 차시가 끝난 후 자신들이 작성한 보고서를 다른 조원들에게 발표하는 동료 평가 과정을 통해 다른 조원들의 의견을 반영하여 자신의 조의 탐구 보고서 내용을 수정하였고(S2), 다음 실험에서 수행할 새로운 연구 문제를 조정하는 경험을 하

였다(S10). 이렇게 학생들은 자신의 생각을 주장하거나 동료의 생각과 자신의 생각을 조정하는 모둠 활동을 통해 과학적 의사소통 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다(Jeong & Shin, 2018). 다음은 이 유형에 속한 학생들의 응답이다.

S2: 실험을 하고 실험 결과에 대한 각자의 생각을 말할 때 처음엔 나의 생각이 당연히 맞다고 생각하였지만 친구들과 조교 선생님의 말을 들어보니 친구들의 말도 과학적으로 타당하다는 것을 깨닫고 친구들의 생각과 나의 생각을 조정하면서 문제를 해결했다.

S10: … (중략) 이 수업에서는 실험을 한 결과와 거기에서 도출해낸 결론을 다른 조 앞에서 발표하며 공유하는 시간을 가졌다. 발표 후에는 우리의 실험에 대한 교수님과 다른 조의 의견을 들을 수 있었다. 그 의견을 듣고 이해하며, 다음 실험 주제를 선정하는 과정에서 타인의 생각을 듣고 조정하는 능력도 향상시킬 수 있었다.

마. 과학적 참여와 평생학습 능력

학생들의 응답을 분석하면 전체 15명 중 14(93%)명의 학생들이 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다고 인식하였으며, 향상된 이유로 다음과 같은 유형들이 관찰되었다(Table 8).

Table 8. Response types of students who perceived that scientific participation & lifelong learning ability improved

유형	응답수
공동체의 일원으로서 책임 있게 행동하려는 노력을 통해	6
실험을 통해 기존에 몰랐던 새로운 지식을 습득하여 학교 수업이나 실생활에 도움이 된다는 것을 느낄 수 있어서	5
지속적 탐구를 통해 문제를 해결하는 경험을 통해	4
선행 연구 조사 활동을 통해 내가 기존에 알던 지식을 확장할 수 있어서	3

• 공동체의 일원으로서 책임 있게 행동하려는 노력을 통해
본 연구의 수업에서 학생들은 3인 1조로 조를 이루어 실험 준비, 실험 진행, 보고서 작성 등 자신이 잘 할 수 있는 부분에 대해 역할을 정하고 서로 논의를 통해 공동의 연구 문제를 해결하는 탐구를 수행하였다. 이때 학생들은 조원에게 피해를 주지 않기 위해 본인에게 주어진 역할에 대해서 최선을 다하며 조원들이 부족한 부분은 도와주면서 함께 연구 문제를 해결하였고(S3), 공동체의 구성원으로서 지켜야 할 역할을 고민하면서 연구 문제를 해결하는 경험을 하였다(S4). 이 과정에서 학생들은 자신이 맡은 역할에 대해서 책임감 있게 행동하였고, 조원들과 같은 목표를 해결해나가면서 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다(Choi & Woo, 2020). 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S3: 실험에서 부여받은 역할을 성실히 수행하고 조원을 도와주면서 과학적 문제에 관심을 가지고 자신의 의사를 표현하여 문제 해결에 힘을 썼습니다.

S4: … (중략) 사회 공동체의 일원으로서 연구를 진행할 때 지켜야 할 점은 무엇인지, 과학기술이 사회에 미치는 영향은 무엇인지 생각하게 되는 기회를 가졌다. 또한 내가 알지 못했던 과학 기술을 느꼈고 이에 적응하기 위해 배움을 멈추지 않아야겠다고 결심했다.

• 실험을 통해 기존에 몰랐던 새로운 지식을 습득하여 학교 수업이나 실생활에 도움이 된다는 것을 느낄 수 있어서

본 연구의 수업은 가설 설정, 변인 통제, 실험 설계, 결론 도출 등 탐구의 전 과정을 수행하도록 구성되어 있는데, 학생들은 탐구의 전 과정을 통해 기존 학교 수업에서는 몰랐던 새로운 지식을 습득하였다. 이때 학생들은 습득한 지식을 이후 학교에서의 학습 활동에 도움이 될 것 같다고 느끼거나(S6), 탐구를 통해 얻은 과학적 개념이 실생활과 많이 연관되어 있다고 깨달았다(S14). 이렇게 학생들이 본 연구의 수업을 통해서 얻고 이해한 과학 지식이 실생활과 연관되어 있다는 것을 깨닫는 경험을 하면서(Lee, Kang, & Kang, 2021) 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다고 인식한 것으로 보인다. 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S6: 이 수업을 통해 몰랐던 지식을 습득하게 되어서 이후 학교 교과활동에 도움이 될 것 같고 또 실험을 하면서 유의해야 하는 사항, 다양한 관찰 방법 등 실험에 필요한 기초적인 지식들을 습득할 수 있어서 의미 있는 실험이었다고 생각한다 … (중략).

S14: 이번 실험에서 많은 과학 개념들을 배우고 그것들의 실생활의 예시도 같이 배우면서 그것들이 우리 주변에 많이 관련이 되어있다는 것을 깨닫고 그것에 우리가 적응하기 위해서 스스로도 많이 생각을 해보았던 것 같다.

• 지속적 탐구를 통해 문제를 해결하는 경험을 통해

본 연구의 수업에서 학생들은 연구 문제 설정, 탐구 설계 및 수행, 탐구 결과를 통한 결론 도출의 과정을 4일 동안 지속적으로 수행하였다. 이때 학생들은 매 차시에 새로운 연구 문제를 설정하고 새로운 탐구 과정을 반복적으로 경험하면서 일상생활에서 경험하는 문제들도 해결할 수 있다는 자신감이 생겼다고 인식하였다(S1). 또, 탐구의 전 과정을 수행하면서 연구 문제의 검증을 통한 문제 해결 경험으로 스스로 공부하는 학습 능력이 생긴 것으로 보인다(S5). 학생들은 이러한 경험을 통하여 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상된 것으로 인식하였으며, 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S1: 연구 문제를 설정하고 방법을 탐구하여 결론을 도출하는 과정을 4번 반복하는 활동을 통하여 연구 문제를 설정하거나, 일상생활에서 궁금한 내용이 생겼을 때 단순한 호기심에서 그치는 것이 아니라 실험을 설계하여 탐구할 수 있는 힘을 신장시킬 수 있었기 때문이다 … (중략).

S5: … (중략) 또 오늘 실험한 철사를 물에 담고 천천히 올릴 때 질량 변화를 측정하는 활동에서 내가 스스로 관련 자료 등을 조사해 보는 시간을 가졌다. 이 과정에서 모든 주제, 과정에서 이를 과학적으로 증명 및 해결하려는 습관이 생겼다 생각하고 내가 스스로 공부하는 과정을 통해서 평생학습 능력이 향상되었다 생각한다.

• 선행 연구 조사 활동을 통해 내가 기존에 알던 지식을 확장할 수 있어서

본 연구의 수업에서 학생들은 수행한 탐구 결과의 타당성을 확인하거나 연구 문제를 해결할 때 자신의 지식으로는 설명할 수 없는 부분이 있을 때 선행연구 및 이론을 조사하는 과정을 거쳤다. 이때 학생들은 자신의 지식으로는 해결이 안 되는 연구 문제를 해결하기 위하여 선행연구 및 관련 서적을 탐색하는 경험을 통해 지식을 확장하는 것

의 중요성을 인식하였고(S1), 결론의 타당성 설명하기 위하여 처음 접하는 선행 연구와 이론을 주도적으로 학습하고 노력하는 경험을 하였다(S10). 학생들은 이러한 경험을 통해 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상된 것으로 인식하였으며, 다음은 이 유형에 속한 응답의 일부이다.

S1: ... (중략) 알고 있는 지식의 한계를 느꼈을 때, 멈춰 서는 것이 아니라 선행 연구 및 서적을 탐구하며 지식을 확장시켜 나가는 것이 중요함을 깨달았다.

S10: ... (중략) 선행 연구 및 이론을 조사하여 정리하는 과정에서 온전히 새로운 기술은 아니지만 처음 접하는 정보들에 적응하기 위해 점점 주도적으로 학습하고, 바른 이해를 위해 노력하며 공부하는 자신의 모습을 볼 수 있었다. 그 과정에서 과학적 참여와 평생 학습 능력을 기를 수 있었다고 생각한다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 전라남도 소재의 고등학교 학생을 대상으로 2015 개정 과학과 교육과정의 8가지 '기능'을 기반으로 한 탐구 활동 수업을 실시했을 때, 과학과 교육과정의 5가지 과학과 핵심역량에 대한 학생들의 인식 변화와 변화 이유에 대해 조사하였다. 연구 결과, '기능'을 기반으로 한 본 연구의 수업을 통해 학생들의 5가지 과학과 핵심역량이 유의수준 0.01 기준으로 통계적으로 유의미하게 향상되었으며, 과학적 참여와 평생학습 능력에서 93%의 학생이, 나머지 핵심역량에서 100%의 학생들이 본 연구의 수업을 통해 과학과 핵심역량이 향상되었다고 응답하였다.

'기능'을 기반으로 구성한 본 연구의 탐구 수업을 통해 과학과 핵심역량이 향상되었다고 인식한 학생들이 제시한 이유를 핵심역량별로 정리하면 다음과 같다. 첫째, 과학적 사고력이 향상되었다고 인식한 학생 응답 중에 연구 결과를 바탕으로 결론을 도출한 뒤 결론의 타당성을 설명하는 부연 과정을 통해서 과학적 사고력이 향상되었다는 응답이 가장 많았으며, 그다음으로 새로운 연구 문제를 설정하고 이 연구 문제를 해결하기 위해 실험 과정을 설계할 때와 선행연구나 이론을 탐색하여 몰랐던 지식을 얻는 과정에서 과학적 사고력이 향상되었다는 응답이 제시되었다. 둘째, 과학적 탐구 능력이 향상되었다고 인식한 학생 응답 중에 과학적 사고력에서와 같이 결론에서 주장의 타당성을 부연 설명하는 과정을 통해 과학적 탐구 능력이 향상되었다는 응답이 가장 많았으며, 그다음으로 조원들과 논의를 통해 직접 탐구를 설계하여 실행한 뒤 수집한 자료를 표나 그래프로 다양하게 표현하거나 자료를 해석하고, 실험 결과 관찰을 통해 새로운 연구 문제를 제안하는 경험이 과학적 탐구 능력을 향상시켰다는 응답이 제시되었다. 셋째, 과학적 문제해결력이 향상되었다고 인식한 학생 응답 중에 연구 문제를 해결하기 위해 선행 연구를 조사하며 새로운 지식을 습득하는 과정을 통해서 과학적 문제해결력이 향상되었다는 응답이 가장 많았으며, 그다음으로 조원들과 연구에 대해서 논의하고 실험 과정을 직접 설계하거나 새로운 연구 문제를 제안하여 해결하는 과정을 반복하면서 과학적 문제해결력이 향상되었다는 응답이 제시되었다. 넷째, 과학적 의사소통 능력이 향상되었다고 인식한 학생 응답 중에 연구 결과에 대한 서로 다른 해석을 조정하거나 실험 방법을 개선하기 위해 조원과 논의하는 과정을 통해 과학적 의사소통 능력이

향상되었다는 응답이 가장 많았으며, 그 다음으로 역할을 분담하여 탐구를 수행하거나 다른 조의 의견을 청취하여 탐구 내용을 조정하는 과정을 통해서 과학적 의사소통 능력이 향상되었다는 응답이 제시되었다. 다섯째, 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다고 인식한 학생 응답 중에 본 연구의 수업을 수행하면서 조원들에게 피해를 주지 않기 위해 자신이 맡은 역할에 대해 책임 있게 행동하려는 노력을 통해 과학적 참여와 평생학습능력이 향상되었다는 응답이 가장 많았으며, 그다음으로 실험을 진행하면서 습득한 새로운 지식이 실생활이나 학교 수업에 도움이 된다는 것을 느끼거나, 지속적 탐구를 통해 문제를 해결하는 경험, 선행 연구 조사를 통해 나의 지식이 확장되는 경험을 통하여 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다는 응답이 제시되었다.

2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 '기능'을 기반으로 구성한 본 연구의 수업을 통해 핵심역량에 대한 인식이 긍정적으로 변한 학생들의 공통 유형을 기능별로 정리하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 수업은 '문제 인식' 기능이 포함된 연구 문제 활동 단계에서 연구 결과를 바탕으로 더 알고 싶은 내용에 대해 새롭게 연구 문제를 제안하도록 구성하였다. 이렇게 '문제 인식' 기능을 경험하도록 구성한 탐구 수업을 수행하면서 학생들은 이전 탐구 활동의 연구 결과를 바탕으로 새로운 연구 문제를 제안하고 이를 해결하는 경험을 반복하였고 이를 통해 학생들은 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력이 향상되었다고 인식하였다. 둘째, '탐구 설계와 수행' 기능이 포함된 연구 방법, 연구 결과, 결론의 활동 단계에서는 학생들이 제안한 연구 문제를 해결하기 위해 탐구 과정을 직접 설계하도록 구성하였다. 이렇게 '탐구 설계와 수행 기능'을 경험하도록 구성한 탐구 수업을 통해 학생들은 매년 새로운 연구 문제를 해결하기 위해 탐구 과정에 포함된 변인 간의 관계의 적절성과 도구의 적절성을 조원과 함께 고민하는 경험을 하였는데, 이를 통해 학생들은 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력이 향상되었다고 인식하였다. 셋째, '자료 수집·분석 및 해석' 기능이 포함된 연구 결과 활동 단계에서는 다양한 관찰을 수행하여 관찰 결과를 서술하도록 하고, 학생들이 수집한 결과를 표 또는 그래프로 표현하는 것과 동시에 이를 다른 사람이 이해하기 쉽게 설명하도록 구성하였다. 이렇게 실험 결과를 표 또는 그래프로 표현하거나 수집한 자료를 직접 해석하여 결론을 내리는 본 연구의 탐구 활동을 통해서 학생들은 과학적 탐구 능력이 향상되었다고 인식하였다. 넷째, '결론 도출 및 평가' 기능이 포함된 결론 활동 단계에서는 탐구를 수행하여 얻은 연구 결과를 바탕으로 새롭게 알게 된 사실을 진술하도록 구성하였다. 이렇게 수집한 자료를 해석하여 결론을 내리고, 결론 도출 과정에서 기존에 몰랐던 새로운 지식을 습득하는 경험을 통해서 학생들은 과학적 탐구 능력과 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다고 인식하였다. 다섯째, '증거에 기초한 토론과 논증' 기능이 포함된 결론 활동 단계에서는 학생들이 작성한 주장의 타당성을 설명하기 위하여 관련 이론이나 선행연구를 조사하여 부연 설명하도록 구성하였다. 이렇게 선행 연구나 이론을 조사하여 주장의 타당성이나 예상과 다른 결과를 설명하는 과정을 통하여 새로운 지식을 얻고 기존의 지식을 확장하는 경험을 하였는데, 이 과정에서 학생들은 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다고 인식하였다. 여섯째, '의사소통' 기능은 활동의 전 단계에 포함하였

며, 조원들과 논의를 통해 연구 문제 제안, 탐구 수행, 자료 수집 및 결론 도출 과정에서 참여하도록 구성하였다. 이 과정에서 학생들은 조원들과의 생각을 공유하거나 조정하는 경험을 하면서 탐구 내용을 개선하거나 공동체의 일원으로서 책임 있게 행동하려고 노력하였는데, 이 경험을 통해 학생들은 과학적 탐구 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생학습 능력이 향상되었다고 인식하였다.

본 연구의 수업은 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시된 '기능'이 포함되도록 탐구 활동을 구성하였으며, '기능'을 기반으로 한 탐구 활동이 학생들의 과학과 핵심역량 함양에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인하였다. 하지만 본 연구는 소수의 학생 응답을 바탕으로 응답을 유형화하여 정리한 연구이므로 연구 결과를 일반화하기는 어렵다. 본 연구 결과에서 도출한 여러 유형의 효과를 검증하기 위해서는 '기능' 기반 수업의 정량적 연구를 수행할 필요가 있다. 또한, 본 연구에서의 탐구 활동 설계 시 '모형의 개발과 사용', '수학적 사고와 컴퓨터 활용' 기능이 포함되도록 탐구 활동을 구성하였지만, 학생들의 응답 유형에는 핵심역량 향상의 근거로 이 기능들이 제시되지 않았다. 2015 개정 과학과 교육과정에 포함된 '기능'은 학생들의 핵심역량 함양을 통한 과학과 교육과정 목표 달성을 위해 필요한 요소이므로, 제시된 기능들을 학생들이 충분히 경험할 수 있는 교수·학습 전략의 개발과 효과 검증을 위한 후속 연구가 필요할 것이다.

국문요약

본 연구는 2015 개정 과학과 교육과정의 8가지 '기능'을 활용한 과학 탐구 수업을 실시했을 때 고등학생들의 과학과 핵심역량에 대한 인식 변화와 변화 이유에 대하여 조사하였다. 본 연구의 과학 탐구 수업에 전라남도 소재 고등학교 1학년 15명이 참여하였으며, 수업은 20시간(하루 5시간 4일) 진행하였다. 수업에서 이용한 탐구 활동은 연구 문제, 연구 방법, 연구 결과, 결론의 4개 활동 단계로 구성되어 있으며 각 활동 단계에 8가지 '기능(문제 인식, 모형의 개발과 사용, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집·분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 결론 도출 및 평가, 증거에 기초한 토론과 논증, 의사소통)'이 최소 1회 이상 포함되도록 구성하였다. 연구 결과, 탐구 수업을 통해 학생들의 5가지 과학과 핵심역량에 대한 인식이 유의수준 0.01 기준으로 통계적으로 유의미하게 증가하였으며, 93% 이상의 학생들이 수업을 통해 과학과 핵심역량이 향상하였다고 인식했다. 하지만 본 연구의 수업은 소수 학생을 대상으로 실시하였기 때문에 수업의 효과를 일반화하기는 어려우므로, 많은 학생을 대상으로 한 정량적 연구 수행이 필요하다.

주제어 : 2015 개정 과학과 교육과정, 과학과 핵심역량, 기능, 탐구 수업

References

Chinn, C. A., & Hmelo-Silver, C. E. (2002). Authentic inquiry: Introduction to the special section. *Science Education*, 86(2), 171-174.
 Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1984). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*. The CV Mosby Company, 11830 Westline Industrial Drive, St. Louis, MO 63146.

Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collons, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
 Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, Learning, and values*. Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648 (hardback: ISBN-0-89391-565-3; paperback: ISBN-0-89391-566-1).
 NGSS. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. USA: NGSS Lead States.
 OECD. (2003). *Defining and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundation*. OECD Press.
 Watson, J. R. & Swain, J. R. L. (2004). Student's discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
 Byun, S., & Kim, H. (2011). Recognition of free inquiry activity and its effects on the science inquiry ability of middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 210-224.
 Chae, H., & Lee, Y. (2020). A Study of Development and Effect Analysis of Biology Science Inquiry Program based on the Core Competencies for Free Learning Year of Middle School. *The Korean Journal of Biological Education*, 48(3), 466-476.
 Choi, J., & Paik, S. (2015). A comparative analysis of achievement standards of the 2007 & 2009 revised elementary science curriculum with next generation science standards in US based on Bloom's revised taxonomy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(2), 277-288.
 Choi, J., & Woo, A. (2020). Effect of Science Practice-based Class on Improving Middle School Students' Science Core Competency. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 38(4), 495-504.
 Go, Y., & Kang, K. (2014). Influence of the Participation of Science Inquiry Program on Middle School Students' Scientific Attitude and Problem Solving Ability. *Educational Research*, 59, 25-43.
 Ha, M., Lee, K., Choi, E., Kim, I., Yu, J., & Won, B. (2019). Exploring the effect of first year science-focused school program on high school students' science core competency and science learning motivation using group-based trajectory modeling. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39(6), 799-807.
 Ha, M., Park, H., Kim, Y., Kang, N., Oh, P., Kim, M., Min, J., Lee, Y., Han, H., Kim, M., Ko, S., & Son, M. (2018). Developing and applying the questionnaire to measure science core competencies based on the 2015 revised national science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(4), 495-504.
 Han, H., Kim, K., Lee, J., & Chang, K. (2018). Exploring issues for effective implementation of competency-based curriculum through analysis of domestic research trends. *Journal of Curriculum Evaluation*, 21(3), 1-24.
 Hwang, H., & Woo, A. (2019). Effects of Open Inquiry on Scientific Problem Solving Ability and Scientific Communication Ability. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(17), 377-399.
 Im, J., Na E., & Choi W. (2021). The effect of inquiry experience using reflective thinking on research problem setting ability and inquiry design ability of pre-service science teachers. *The Journal of Educational Development*, 40(3), 765-790.
 Jang, K., Nam, J., & Choi, A. (2012). The effects of argument-based inquiry using the Science Writing Heuristic (SWH) approach on argument structure in students' writing. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(7), 1099-1108.
 Jeong, H., & Shin, D. (2018). The Effect of the 'Environment and Energy' Theme-based Integration Program on Science Key Competencies. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 8(2), 195-205.
 Jeong, Y., Min, Y., & Lee, J. (2019). A study on understanding of key competency curriculum in the 2015 revised curriculum. *Journal of learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(18), 211-237.
 Jung, J., & Chung, Y. (2013). Analysis of Inquiry Activities Boosting Improvement in Scientific Inquiry Skills in the Science Writing Heuristic (SWH). *The Korean Journal of Biological Education*, 14(4), 501-513.
 Kang, N., & Lee, E. (2013). Argument and argumentation: A review of literature for clarification of translated words. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(6), 1119-1138.
 Kim, B., & Choi, W. (2022). High school students' perception of the core competencies and class effects in inquiry class applying science writing heuristic. *The Journal of Educational Development*, 42(2), 201-223.
 Kim, S., & Kim, H. (2022). The Effects of Chemistry Class Using Computer-Based Science Inquiry Program on Positive Experiences about Science, Science Core Competency, and Academic Achievement. *Journal of the Korean Chemical Society*, 66(2), 107-123.
 Kwon, M., & Park, J. (2020). Critical review of 'skills' in the 2015 revised

- science national curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(2), 151-161.
- Lee, B., Kang, Y., & Kang K. (2021). Effect of the STEAM Program Based on 'Force and Motion' in Elementary Schools on the Perception of students Toward Science Core Competencies. *Sae Mulli*, 71(11), 929-937.
- Lee, G., Kim, Y., Jang, W., Lee, J., & Hong, H. (2020). The Effect of [Science Inquiry Experiment] of 2015 Revised National Curriculum Towards High School Students' Science and General Core Competencies. *Journal of Curriculum Evaluation*, 23(3), 23-50.
- Lee, H., & Lee, J. (2010). The effect of the specific open-inquiry lesson on the elementary student's science-related attitude, science process skill and the instructing teachers' cognition about open-inquiry. *Journal of Science Education*, 34(2), 405-420.
- Lee, J., & Paik, S. (2020). The effect of science instruction through social consensus process on science exploration ability. *Convergence Education Review*, 6, 1-18.
- Ministry of Education(MOE). (2015a). The general explanation of 2015 revised national curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 1]. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education(MOE). (2015b). Science curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 9]. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education Science and Technology(MEST). (2009). Elementary and secondary school curriculum : General statement. Notification No. 2009-41. Seoul: Ministry of Education, Science and Technology.
- Park, S., & Chung, Y. (2012). The effect of Science Writing Heuristic (SWH) on scientific inquiry skills, logical thinking, and metacognition of middle school students. *Biology Education*, 40(3), 367-383.
- Park, S., & Moon, S. (2013). The effect of science writing heuristic laboratory class on the creative thinking and critical thinking of middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1259-1272.
- Seong, J. S. (2003). An analysis of variables affecting creative problem solving abilities in science. *The Journal of Yeolin Education*, 11(1), 219-237.
- Shim, K., & Song, S. (2011). Study on the critical thinking of high school students through scientific writing about bioethical issue. *The Korean Journal of Biological Education*, 39(2), 288-296.
- Shin, E., & Choi, W. (2021). The Perception of Middle School Science-Gifted Students on the 'Science Writing Heuristic' Class Emphasizing Social Interaction and Tool Improvement. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 41(1), 1-10.
- Song, J., & Na, J. (2015). Directions and Issues of 2015 National Science Curriculum and their Implications to Science Classroom Culture. *School Science Journal*, 9(2), 72-84.
- Yun, D., Ko, E., & Choi, A. (2018). Identifying and applying components of five scientific core competencies in the 2015 science curriculum. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(24), 1301-1319.

저자정보

박상유(국립순천대학교 대학원생)
최원호(국립순천대학교 교수)