Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

논의기반 탐구(ABI) 과학수업에서 What-If 활동이 과학 고등학교 학생들의 논의에 미치는 영향

박성대[1], 박지훈[2], 정도준[1], 남정희[1*]
[1]부산대학교, [2]경인교육대학교

The Effect of What-If Activities in Argument-Based Inquiry Science Classes on Science High School Students' Argumentation

SeongDae Park[1], JiHun Park[2], Dojun Jung[1], Jeonghee Nam[1*]
[1]Pusan National University, [2]Gyeongin National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:
Received 4 September 2024
Received in revised form
13 September 2024
Accepted 14 October 2024

Keywords:
Argument-Based Inquiry,
What-If,
Argumentation,
Rebuttal,
Argumentation Level

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effects of a What-If activity applied in Argument-Based Inquiry(ABI) science classes on the argumentation levels of science high school students. For this purpose, the experimental group participated in ABI science classes incorporating What-If activities, while the comparative group participated in ABI science classes without the What-If activities. Transcripts of class discussions were collected for analysis of argumentation level and examples of rebuttals were presented to show the change in the level of argumentation. The results of the study showed that the experimental group, which engaged in What-If activities, showed a higher frequency of high-level rebuttals by both the object and method of rebuttals compared to the comparative group. Furthermore, while both groups showed discussions and rebuttals related to the experimental process, the experimental group also demonstrated additional discussions and rebuttals concerning experimental results and scientific principles, unlike the comparative group.

Ⅰ. 서론

논의란 다양한 근거를 기반으로 주장을 제시함으로써 자신의 입장을 정당화하는 과정이자 결과물로(Driver, Newton, & Osborne, 2000), 타인과의 의사소통을 통한 비판적 사고과정을 포함하며(Park & Kim, 2012), 불확실성(uncertainty)을 완화하고 수용 가능한 합의를 형성하기 위해 노력하는 사회적 협상 과정이다(Chen, 2019). 따라서 논의는 과학자 공동체 내에서 사회적 과정을 거쳐 과학 지식을 생성하는 활동이자 과학적 의사소통을 통해 문제를 해결하는 과정을 핵심으로 하는 과학 활동에서 중요한 의미를 가진다(Driver *et al*., 2000; Kuhn, 1993; Rod Watson, Swain, & McRobbie, 2004).

과학자뿐만 아니라 대중들에게 있어서도 논의는 매우 중요한 요소이다. 20세기까지의 산업사회와는 달리 21세기는 빠르게 변화하므로 미래에 대한 예측 가능성이 현저히 떨어지는 '불확실한'(uncertain) 세계이다(Hodson, 2003; Lee, 2018; OECD, 2019; Sinnema *et al*., 2013). 또한 기후위기, 에너지와 자원문제, 환경오염 등과 같이 급격한 과학기술의 발달과 그로 인해 발생하는 다양한 문제들은 대중들의 삶과 매우 밀접하게 관련되어 있으며 해당 문제에 대한 정치적·실천적 결정에 있어서 대중들은 공동체의 일원이자 민주시민으로서의 참여와 결정을 요구받는다. 이처럼 사회환경이 변화함에 따라 과학 지식을 구성하고 과학을 발전시키는 과학자뿐만 아니라 과학의 발전으로 발생하는 문제와 같이 다양한 사안들을 결정해야 하는 시민에게 있어서 논의는 매우 중요한 요소이다(Buck, Lee, & Flores, 2014; Lee *et al*., 2014; Lee *et al*., 2019; Noroozi *et al*., 2013; Osborne & Patterson, 2011).

이에 따라 과학교육에서는 교육의 목표를 '논의'로까지 확장해야 할 필요성이 증가할 뿐만 아니라 학습자의 논의과정 참여를 효과적인 교수-학습 전략으로 제안하고 있으며(Cho, 2002; Driver *et al*., 2000; Kang & Lee, 2013; Yang *et al*., 2015), 그중 하나로 논의기반 탐구(Argument-Based Inquiry, ABI) 과학수업의 효과가 보고된 바 있다(Jang, Nam, & Choi, 2012; Keys *et al*., 1999; Nam *et al*., 2008; Park & Nam, 2019).

논의기반 탐구 과학수업은 과학적 증거와 논의가 수반된 그룹 활동의 기회를 제공하는 학습전략으로 활동의 전체 과정에서 학생들 사이의 논의에 의한 협상과 합의 과정을 중요시하며(Jang *et al*., 2012; Keys *et al*., 1999), 탐구적 과학 글쓰기의 효과와 함께 논의기반 탐구 과학수업의 수업 효과에 대한 다양한 연구 결과들이 보고되었다(Jang & Nam, 2016; Kang, Nam, & Cho, 2016; Lee, Cho, & Nam, 2015; Nam *et al*., 2011; Park & Nam, 2019; Park *et al*., 2020).

논의기반 탐구 과학수업의 효과에 대한 다양한 측면의 연구들이

* 교신저자 : 남정희 (jhnam@pusan.ac.kr)
본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2024-2020-0-01606).
이 논문은 박성대의 2024년도 석사학위 논문을 수정, 보완하여 작성되었음.
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2024.44.5.519

보고되면서 논의의 질과 관련된 연구도 진행되었다. 선행연구에 의하면 논의를 구성하는 요소들의 수가 많아질수록 논의의 질은 높아졌으며(Nussbaum, 2011), 특히 반박은 수준 높은 논의를 구성하는 중요한 요소 중 하나이자(Clark & Sampson, 2008; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Jiménez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000; Kang, 2004; Lee & Kim, 2011; Lee & Lim, 2010; Osborne, Erduran, & Simon, 2004; Park, 2020; Shin & Kim, 2012), 주장의 유효성을 평가하는 수단으로 간주한다(Erduran, 2007; Garcia-Mila & Andersen, 2007; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Lee & Kim, 2011).

논의기반 탐구 과학수업에서 나타나는 중학생들의 논의과정을 분석한 연구에서 다른 논의 요소에 비하여 반박이 잘 나타나지 않는다는 결과를 제시한 바 있다(Lee, Kwon, & Nam, 2015). 다른 형태의 논의 수업도 마찬가지로 논의에서 반박이 일부 나타나기도 하지만 그 빈도수가 매우 작다는 연구 결과가 보고되었다(Kang, 2004; Kang, Kwak, & Nam, 2006; Kwak & Nam, 2009; Lee & Lim, 2010; Lee, Choe, & Kim, 2010; Paik & Son, 2014; Shin & Kim, 2011). 이는 의사결정 과정에서 사회적・윤리적・도덕적 측면이 강조되는 사회과학적 상황(Osborne *et al.*, 2001)에 비해 과학적 상황에서의 논의는 과학 개념이나 이론과 같은 배경지식이 없으면 학생들이 논의에 참여하기 힘들기 때문으로 보고되었다(Kwak & Nam, 2009; Norris & Phillips, 2003). 과학적 논의는 참여자들이 서로 동등한 지식수준을 가졌을 때 활발히 진행될 것으로 기대된다(Kim & Song, 2004). 하지만 논의에 참여하는 학생들이 동등한 지식수준을 가지고 있기를 기대하기는 어려우며 과학적 상황에서의 논의와 같이 이미 확립된 과학 지식을 논의의 대상으로 할 경우, 학생들은 자신의 주장이 과학 지식에 도전이 되지 않는다는 것을 알고 있으므로 활발한 논의를 기대하기 어렵다(Millar, 1998). 또한 논의의 요소들을 학습하고 반복적으로 논의에 참여한 학생들이 항상 증거를 사용하여 추론하지는 않으며, 상대방의 주장이나 추론에도 항상 반박하지는 않는다는 연구 결과(Berland & Hammer, 2012; Driver *et al*., 2000)에서 보듯이 학생들이 반박을 포함하는 수준 높은 논의를 스스로 진행하는 것은 쉬운 일이 아니다.

이러한 어려움에도 불구하고 학생들은 과학적 상황에서 논의를 경험할 필요가 있다. 과학적 상황에서의 논의는 사회과학적 상황에서의 논의보다 과학의 본성을 더 적절히 반영한다(Driver *et al.*, 2000; Hofstein, Kipnis, & Kind, 2008). 물론 사회과학적 상황에서의 논의도 그 자체로서 매우 가치 있는 활동이지만 사회과학적 상황에서의 논의는 과학적 '지식'보다 '가치'를 더 많이 사용하는 반면(Christenson, Chang Rundgren, & Höglund, 2012), 과학적 논의는 과학적 증거, 원리 혹은 모델이 논의의 결론과 설명을 지지해야 하므로(Sampson, Grooms, & Walker, 2011) 학생들에게 과학적 상황에서의 논의에 참여할 기회를 제공할 필요가 있다.

과학적 상황에서 논의를 촉진할 수 있는 요소는 다양하게 존재한다. 학생들이 과학적 논의에 참여하기 위해서 해당 내용과 관련하여 적절한 지식수준을 가지고 있어야 하므로(Kim & Song, 2004; Von Aufschnaiter *et al.*, 2008) 과학 지식과 관련된 실험 혹은 탐구활동으로부터 습득한 공통적인 경험과 지식이 논의를 촉진할 것으로 기대할 수 있다. 또한 상황적 요인뿐만 아니라 변칙 사례나 대안적인 결론과 같이 학생들의 수준에 맞게 적절히 설계하여 다양한 해석이 가능한 외부 갈등을 제공하여 논의를 촉진할 수 있다(Kim & Song, 2004; Lee & Kim, 2011). 특히 반박을 포함하는 수준 높은 논의를 촉진하기 위해서 학생들에게 친숙하지 않은 사례를 이용하여 논의 과제를 제공할 수 있으며(Lee & Kim, 2021), 과학 지식과 관련된 논의라고 하더라도 의견이 양립될 수 있는 사례를 제시할 수 있다(Shin & Kim, 2012).

What-If-Not 전략은 수학교육 연구에서 Brown & Walter(2004)가 제안한 문제 제기 전략 중 하나로, 주어진 조건과 속성을 열거한 후 일부에 변화를 주면 결과가 어떻게 변하는지 탐구하는 과정을 포함하는 것으로, '만약 이게 아니라면 어떨까?'라는 상황을 가정함으로써 학생이 스스로 생각하고 탐구하는 기회를 제공한다. 수학교육 연구에서 What-If-Not 전략의 효과는 다수 보고되었으며(Ku & Song, 2011; Lee & Song, 2013; Heo, 2021), What-If-Not 전략을 이용한 추측과 반박의 활동들이 수학적 정확성을 높이거나 반례를 생성하여 명제를 정교화한다는 연구 결과가 보고되었다(Lee, 2012). 그러나 과학교육 분야에서는 What-If-Not 전략을 적용한 선행연구는 이루어지지 않았다.

학생들은 정답이 있다고 생각하는 과제에서 자신의 주장에 대한 정당화나 반론 혹은 반박을 펼칠 필요성을 느끼지 못할 수 있으므로(Cho, Chang, & Kim, 2013; Kind *et al*., 2011), '만약'이라는 상황을 이용하여 학급논의의 결과나 실험 결과 혹은 관련 지식의 속성을 변화시켜 새로운 상황을 제공하여 학생들에게 정답이 없다고 생각되는 과학적 논의 상황을 구성할 수 있다. 또한, 새로운 상황인 '만약'에 해당하는 What-If 상황은 학생들에게 친숙하지 않은 논의 과제이며, 논의 참여자가 불확실함을 느끼게 하므로 반박을 촉진할 수 있다(Han, 2020). 그러므로 What-If-Not 전략을 변형하여 '만약~한 상황이라면 어떨까?'를 생각해 보는 What-If 활동을 논의기반 탐구(ABI) 과학수업에 적용하여 학생들이 반박을 포함하는 수준 높은 논의에 참여할 것으로 기대할 수 있을 것으로 보인다.

따라서 이 연구에서는 논의기반 탐구(ABI) 과학수업에 적용한 What-If 활동이 과학 고등학교 학생들의 논의수준에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 이를 위해 과학 고등학교 과학 수업에 논의기반 탐구 과학수업을 적용하여 논의활동에서 나타나는 반박의 수준별 빈도를 분석하고 이와 함께 논의수준의 변화를 보여주는 구체적인 반박사례를 분석하였다.

II. 연구방법

1. 연구 참여자

이 연구는 광역시에 위치한 과학 고등학교 1학년 4개 학급의 학생 70명을 대상으로 수행되었다. 이 중 2개 학급 35명은 실험집단으로, 다른 2개 학급 35명은 비교집단으로 선정하였으며, 각 학급은 5개의 모둠으로 편성되었다. 2023년 8월부터 한 학기동안 4개 주제의 논의기반 탐구 과학수업을 실시하였으며, 실험집단에는 What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구(ABI) 과학수업을, 비교집단에는 What-If 활동을 적용하지 않은 기존의 논의기반 탐구(ABI) 과학수업을 실시하였다.

연구에 참여한 교사는 과학 고등학교에 재직 중인 교직 경력 3년의 교사로, 사범대학에서 화학교육을 전공하였으며 과학교육 석사과정에 재학 중이었다. 해당 교사는 사범대학 재학 중에 논의기반 탐구

과학수업에 참여한 경험이 있으며 과학교육 석사과정에서 정기적인 세미나를 통해 진행된 논의기반 탐구 과학수업 연수에 참여하였다.

2. What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구(ABI) 과학수업 개발

논의기반 탐구(Argument-Based Inquiry, ABI) 과학수업은 학생들의 과학적 탐구 능력과 과학 개념에 대한 이해를 향상시키고 메타인지를 촉진하기 위해 탐구과정에 논의와 글쓰기를 적용한 학습전략으로, Keys 등(1999)이 개발한 수업전략인 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH) 수업을 우리나라의 교육실정에 맞게 재구성한 프로그램이다(Nam *et al*., 2008). 이 프로그램은 의문 만들기, 실험 설계 및 수행, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성의 여섯 단계로 이루어져 있다(Nam *et al*., 2008; Keys *et al*., 1999). 1단계는 의문 만들기 단계로, 교사가 제시한 문제 상황을 보고 나의 의문을 만든 후 모둠원 간의 논의를 통해 모둠의 의문을 만들고 모둠 간의 학급논의를 통해 학습의 목표인 학급의 의문을 형성한다. 2단계는 실험설계 및 수행 단계로, 학급의 의문을 해결하기 위해 각 모둠에서 실험을 설계하고 수행한다. 3단계는 관찰 단계로, 실험 수행 과정에서 관찰한 것들을 모두 기록하고 수집한 자료를 그래프나 표로 변환한다. 4단계는 주장과 증거 단계로, 실험 결과를 바탕으로 학급 의문에 대한 자신의 주장과 증거를 작성한 후 모둠원 간의 논의를 통해 모둠의 주장과 증거를 만들고 모둠 간의 학급논의를 통해 모둠 간의 주장과 증거의 수준을 비교한다. 5단계는 읽기 단계로, 전문 서적, 교과서 등의 객관적 자료를 찾아 읽음으로써 자신의 주장과 증거에 대한 타당성을 비교한다. 6단계는 반성 단계로, 자신의 사고 변화를 되돌아보는 메타인지 과정을 거친다.

What-If 활동은 반박을 포함하는 수준 높은 논의를 촉진하기 위해 논의에 참여하는 학생들에게 만약의 상황을 제공하는 학습전략이다. '만약~한 상황이라면 어떨까'와 같이 '만약'이라는 상황을 가정하여 학급논의의 결과나 실험 결과 혹은 관련 지식의 속성을 변화시켜서 학생들에게 불일치 사례나 친숙하지 않은 사례로 구성된 논의 과제를 제공하는 활동으로, 학생들은 논의 과제에 대한 모둠별 논의를 통해 모둠의 주장과 증거를 작성한 후 이에 대해 발표하며 학급논의를 수행한다. What-If 활동은 논의기반 탐구 과학수업의 여섯 단계인 의문 만들기, 실험설계 및 수행, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성 중 주장과 증거 단계에 추가하여 적용하였다. 따라서 실험집단과 비교집단 모두 동일하게 주장과 증거 단계를 진행하였고, 실험집단 학생들은 추가적으로 What-If 상황이 제시되면 모둠원 간의 논의를 통해 모둠의 주장과 증거를 만들고 이를 바탕으로 모둠 간의 학급논의를 수행하였다.

기존의 논의기반 탐구 과학수업 프로그램은 한 개 주제당 2차시에 걸쳐 진행되었고, What-If 활동을 추가한 논의기반 탐구 과학수업 하나의 프로그램은 3차시에 걸쳐 진행되었다. 따라서 What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구 과학수업을 진행한 실험집단은 4개 주제에 대해 총 12차시가 소요되었고, What-If 활동을 적용하지 않은 기존의 논의기반 탐구 과학수업을 진행한 비교집단은 총 8차시가 소요되었다. What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구 과학수업의 단계와 각 단계에서의 수업 활동 내용은 Table 1과 같다.

3. What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구(ABI) 과학수업의 주제 선정 및 적용

과학 고등학교 1학년 학생들을 대상으로 총 4개의 프로그램을 개발하여 수업에 적용하였다. 연구에 참여한 과학 고등학교는 1학년 교육과정에서 통합과학과 화학Ⅱ 교과를 동시에 개설하고 있다. 따라서 고등학교 통합과학과 화학Ⅱ 교과의 학습 내용 중 과학 고등학교 학생들의 탐구활동 수준을 고려하여 해당 교과 내용과 관련성이 있는 주제들을 선택하여 프로그램을 개발하였다. 프로그램 개발을 위해 2개의 주제는 분자의 극성과 관련된 주제를 선정하였으며, 다른 2개의 주제는 산과 염기와 관련된 주제를 선정하였다. What-If 활동에 적용할 주제는 논의기반 탐구 과학수업 활동의 주제를 바탕으로 '불일치 사례' 혹은 '변칙 사례'를 참고하여 개발하였다(Table 2).

프로그램은 논의기반 탐구 과학수업의 절차에 따라 학급의 의문을 해결할 수 있는 실험을 설계하고 수행하여 모둠의 주장과 증거를 제시하는 일련의 전 과정을 학생들 스스로 수행할 수 있도록 모든 활동을 설계하였다. 프로그램의 개발은 1차적으로 수업을 적용한 교직경력 3년의 과학교육 석사과정 1인이 직접 실험을 수행하고 실험 결과를 바탕으로 초안을 개발한 후 과학교육 전문가 1인, 과학 교육학 박사 2인, 유기화학전공 박사 1인, 과학 교육학 박사과정 2인, 과학교육학 석사과정 3인으로 구성된 정기적인 세미나에서 2023년 3월부터 7월까지 5개월 기간 동안 프로그램을 검토 및 수정하는 과정을 거쳐 이루어졌다.

Table 1. Structure of Argument-Based Inquiry(ABI) Science Class using What-If Activity

단계	활동	차시
1. 의문 만들기	나의 의문 모둠의 의문(모둠원 간 논의) 학급의 의문 결정	1차시 (50분)
2. 실험설계 및 수행	실험설계 및 수행	
3. 관찰	결과 관찰 및 해석	
4. 주장과 증거	나의 주장과 증거 모둠의 주장과 증거 모둠별 주장과 증거를 바탕으로 한 학급논의	2차시 (50분)
What-If 활동	**모둠의 주장과 증거 모둠별 주장과 증거를 바탕으로 한 학급논의**	**3차시 (실험집단, 50분)**
5. 읽기	읽기 자료와 나의 생각 비교	과제
6. 반성	개인 반성 글쓰기 작성	

Table 2. Topics of Argument-Based Inquiry(ABI) Science Class using a What-If Activity

순서		주제
1	비교집단	분자의 극성과 용해도
	실험집단	분자의 극성과 용해도 + 무극성이 극성과 잘 섞인다면?
2	비교집단	분자의 극성과 대전체
	실험집단	분자의 극성과 대전체 + 무극성 분자가 대전체에 잘 끌린다면?
3	비교집단	산의 세기
	실험집단	산의 세기 + 산의 농도가 높음에도 불구하고 하이드로늄 이온의 농도가 낮다면?
4	비교집단	중화반응과 중화열
	실험집단	중화반응과 중화열 + 중화반응이 진행되는데 온도가 감소한다면?

개발한 프로그램의 실제 적용에 앞서 실험집단 및 비교집단 학생들에게 논의기반 탐구 과학수업을 소개하고 각 단계에 대한 학생들의 적응과 프로그램 난이도 검토를 목적으로 위의 프로그램 주제와는 다른 주제로 논의기반 탐구 과학수업을 진행하였다. 학생들의 논의활동 전 과정을 녹화하였고, 논의과정 동영상을 바탕으로 실제 적용할 프로그램의 난이도를 검토하였으며, 검토 결과를 바탕으로 프로그램을 수정하였다.

4. 자료 수집

What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구 과학수업에서 나타나는 과학 고등학교 학생들의 반박과 이러한 What-If 활동이 과학 고등학교 학생들의 논의수준에 미치는 영향을 알아보기 위해 학급논의를 분석하였다. 수집한 자료는 수업 영상자료, 모둠별 녹음자료, 학급논의 전사본이며, 수업 영상자료와 모둠별 녹음자료를 바탕으로 학급논의를 전사하였다. 실험집단 2개 반의 경우 4개의 프로그램에서 각 프로그램당 2번의 학급논의 전사본, 총 16개의 전사본을 수집하였고, 비교집단 2개 반의 경우 4개의 프로그램에서 각 프로그램당 1번의 학급논의 전사본, 총 8개의 전사본을 수집하였다(Table 3).

5. 자료 분석

논의기반 탐구 과학수업에 적용한 What-If 활동이 과학 고등학교 학생들의 논의수준에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 실험집단과 비교집단에서 실시한 논의기반 탐구 과학수업의 학급논의에서 나타나는 논의수준을 분석하였다.

실험집단과 비교집단에서 실시한 학급논의의 논의수준 분석을 위해 반박 수준별 빈도 분석틀을 개발하였다. 개발된 분석틀은 강순민(2004)의 논의과정 요소 중 '대화적 논의과정 요소'와 'Verheij의 반박 유형(2005)'을 수정・보완하였다. 각 학급에서 나타나는 반박의 유형별 빈도를 이용하여 반박의 수준별 빈도를 분석하였으며, 선행 연구를 바탕으로 반박의 수준별 빈도 분석을 통해 논의수준을 분석하고, 논의수준 변화에 대한 구체적인 반박사례를 제시하였다.

반박이 있는 대화는 신념에 대한 인식론적 도전(epistemological challenge)을 경험하므로 논의를 질적으로 발전시킨다(Erduran, 2007). 많은 선행 연구에서 논의과정의 질에 대한 평가 시 반박과 같은 수준 높은 논의 요소의 출현 여부와 빈도를 고려하였다(Clark & Sampson, 2008; Erduran *et al*., 2004; Osborne *et al*., 2004; Shin & Kim, 2012). 이러한 연구를 바탕으로 반박의 빈도가 높을수록 높은 논의수준을 나타내고, 수준 높은 논의 요소인 반박에서도 반박의 유형에 따라 반박의 수준이 결정된다고 판단하였다. 강한 논의(strong argument)의 조건은 증거의 사용 뿐만 아니라 자료나 근거에 바탕을 둔 반박의 사용이라고 제시한 연구(Osborne *et al*., 2001)와 함께 강순민(2004)의 논의과정 요소 중 '대화적 논의과정 요소'를 바탕으로, 반박의 유형을 반박 방법에 따라 단순 반박과 근거 반박으로 분류한 후 근거 없이 진행되는 단순 반박을 낮은 수준의 반박으로, 근거와 함께 진행되는 근거 반박을 높은 수준의 반박으로 분류하였다. Clark과 Sampson(2008)은 주장에 대한 반박보다는 다른 근거들에 대한 반박을 질적으로 더 높은 수준으로 간주하였는데 이는 주장의 바탕이 되는 근거를 반박하는 것이 주장을 제시한 사람이 가지고 있는 확신과 주장의 타당성을 약화시키기 때문이다. 이에 따라 Verheij(2005)의 반박 유형을 바탕으로, 반박의 유형을 반박 대상에 따라 주장에 대한 반박, 자료(증거)에 대한 반박, 보장(추리)에 대한 반박, 보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박, 자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박으로 구분하였으며, 주장에 대한 반박은 낮은 수준의 반박으로, 자료(증거)에 대한 반박, 보장(추리)에 대한 반박, 보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박, 자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박은 높은 수준의 반박으로 분류하였다.

개발된 분석틀에서 반박의 유형을 반박의 수준에 따라 분류하였다. 반박 방법에 따른 반박의 유형은 낮은 수준의 반박인 단순 반박과 높은 수준의 근거 반박으로 분류하였으며, 반박 대상에 따른 반박의

Table 3. List of data collected

자료	횟수	분량	분량	
수업 영상자료	4회	40개	실험집단	2개 반*1주제당 3차시*4개 주제 = 24개
			비교집단	2개 반*1주제당 2차시*4개 주제 = 16개
모둠별 녹음자료	4회	200개	실험집단	2개 반*5모둠*1주제당 3차시*4개 주제 = 120개
			비교집단	2개 반*5모둠*1주제당 2차시*4개 주제 = 80개
논의과정 전사본	4회	24개	실험집단	2개 반*1주제당 2개 학급논의*4개 주제 = 16개
			비교집단	2개 반*1주제당 1개 학급논의*4개 주제 = 8개

Table 4. A framework for analyzing Rebuttals Frequency by level of Rebuttal

항목				정의
ABI 학급논의	반박 방법	낮은 수준의 반박	단순 반박	단순 반박은 근거 없이 제시하는 반박이다.
		높은 수준의 반박	근거 반박	근거 반박은 근거와 함께 제시하는 반박이다.
	반박 대상	낮은 수준의 반박	주장에 대한 반박	주장에 대한 반박은 상대방의 주장 자체의 옳고 그름에 대해 제시하는 반박이다.
		높은 수준의 반박	자료(증거)에 대한 반박	자료(증거)에 대한 반박은 상대방의 근거 자체의 옳고 그름에 대해 제시하는 반박이다.
			보장(추리)에 대한 반박	보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박은 상대방의 근거가 정당화되는 이유인 보장 자체의 옳고 그름에 대해 제시하는 반박이다.
			보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박	보장(추리)에 대한 반박은 상대방의 근거가 정당화되는 이유인 보장이 적용 가능한지에 대해 제시하는 반박이다.
			자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박	자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박은 근거와 주장 사이의 연결에 대해 제시하는 반박으로, 또 다른 고려 사항이나 경우를 제시하는 반박이다.

유형은 낮은 수준의 반박인 주장에 대한 반박과 높은 수준의 반박인 자료(증거)에 대한 반박, 보장(추리)에 대한 반박, 보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박, 자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박으로 분류하여 반박의 수준별 빈도수를 분석하였다(Table 4).

반박 수준별 빈도 분석틀을 이용하여 학급논의의 논의과정 전사본을 코딩한 후 반박의 유형별, 수준별 빈도수를 분석하였으며, 수준별 반박 빈도 분석을 바탕으로 논의수준을 분석하였다. 이후 논의의 쟁점이 달라지는 단락을 기준으로 논의를 에피소드로 구분하였으며, 에피소드별로 논의의 목적과 과정을 분석하여 논의수준 변화에 대한 구체적인 반박사례를 제시하였다.

모든 분석 과정은 과학 교육학 박사 1인, 박사 학위과정 1인, 석사 학위과정 1인이 참여하여 분석의 신뢰도를 높이고자 하였다. 반박의 수준별 빈도 분석을 위한 1차 분석에서 3명의 분석자가 반박 수준별 빈도 분석틀을 이용하여 1개의 학급논의 전사본을 각각 코딩하였으며, 분석 내용이 일치하지 않는 부분에 대해 협의하여 분석의 신뢰도를 높였다. 이후 학급논의의 에피소드 분석을 위한 2차 분석에서 3명의 분석자가 각각 코딩된 자료를 바탕으로 학급논의를 에피소드로 구분하고 모든 에피소드의 논의 목적과 과정을 분석하였으며, 분석 내용이 일치하지 않는 부분에 대해 협의하여 분석의 신뢰도를 높였다. 이후 석사 학위과정 1인이 전체 전사본을 반박 수준별 빈도 분석틀을 이용하여 코딩한 후 에피소드로 분류하여 반박의 수준별 빈도와 반박 사례를 분석하였으며, 3명의 분석자가 정기적인 세미나를 통해 분석 결과를 검토하였다.

Ⅲ. 연구결과

논의기반 탐구 과학수업에 적용한 What-If 활동이 과학 고등학교 학생들의 논의수준에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 실험집단과 비교집단에서 실시한 논의기반 탐구 과학수업의 학급논의를 비교하였으며, 총 4개 주제의 프로그램을 진행하는 동안 학급논의의

Table 5. Analysis of classroom arguments in ABI

항목				주제1	주제2	주제3	주제4	총합
비교집단의 ABI 학급논의	반박 방법	낮은 수준의 반박	단순 반박	15	12	4	2	33
		높은 수준의 반박	근거 반박	11	11	4	7	33
	총합			26	23	8	9	66
	반박 대상	낮은 수준의 반박	주장에 대한 반박	16	9	3	5	33
		높은 수준의 반박	자료(증거)에 대한 반박	8	3	3	0	14
			보장(추리)에 대한 반박	2	3	2	1	8
			보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박	0	0	0	1	1
			자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박	0	8	0	2	10
	총합			26	23	8	9	66
실험집단의 ABI 학급논의	반박 방법	낮은 수준의 반박	단순 반박	15	37	5	12	69
		높은 수준의 반박	근거 반박	12	32	36	50	130
	총합			27	69	41	62	199
	반박 대상	낮은 수준의 반박	주장에 대한 반박	14	32	11	29	86
		높은 수준의 반박	자료(증거)에 대한 반박	4	13	10	17	44
			보장(추리)에 대한 반박	6	9	3	7	25
			보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박	2	6	8	0	16
			자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박	1	9	9	9	28
	총합			27	69	41	62	199

논의과정 전사본에서 나타나는 반박의 수준별 빈도와 반박사례를 분석하였다(Table 5).

주제1에 대한 ABI 학급논의는 실험집단이 What-If 활동을 경험하기 전의 학급논의이며, 주제1에 대한 높은 수준의 반박 빈도를 분석한 결과, 실험집단과 비교집단은 비슷한 논의수준을 보이는 것으로 나타났다. 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박 빈도의 경우 실험집단은 12회, 비교집단은 11회였으며, 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박 빈도의 경우 실험집단은 13회, 비교집단은 10회였다. 총 반박 빈도의 경우에도 실험집단은 27회, 비교집단은 26회로 비슷한 빈도를 보였다. 이로부터 실험집단과 비교집단은 ABI 수업 초기에 비슷한 수준의 반박과 빈도를 나타내었으며, 이에 따라 실험집단과 비교집단이 비슷한 논의수준을 보임을 알 수 있다.

반박사례가 나타난다는 것은 논의의 참여자가 다른 참여자의 발화를 비판적으로 검토하고, 대안적 주장 혹은 반대 주장을 제시한다는 것을 의미한다(Erduran *et al.*, 2004). 이에 따라 학급논의에서 나타나는 논의의 맥락을 살펴보기 위해 주제1에 대한 반박사례를 분석한 결과, 실험집단과 비교집단의 학급논의에서 공통적으로 실험 과정에 대한 논의와 반박이 주로 나타났다. <사례1>은 실험집단의 반박사례로 실험 과정에서 용해의 기준을 어떻게 결정할 것인가에 대한 논의와 반박이 나타났으며, <사례2>는 비교집단의 반박사례로 실험 과정에서 용질의 질량을 측정할 것인가에 대한 논의와 반박이 나타났다.

〈사례1〉
S1: 우리는 고체 용질이 남아 있는가 혹은 남아 있지 않은가로 용해의 기준을 설정했습니다.
S2: 그런데 아이오딘은 헥세인에 넣을 때도 용질이 남아 있는데? 그 기준으로 하면 안되지. (반박)
S3: 우리도 남지 않았어. S2의 조가 용질을 너무 많이 넣었나 보지. (반박)
S2: 우리는 용질이 남아 있는가로 말고, 색 변화로 판단했어. 포도당만 추가적으로 남아 있는가를 확인 한거지. (반박)
(주제1에 대한 실험집단의 학급논의)

〈사례2〉
S1: 저희가 밝히고자 하는 것은 얼마나 녹느냐가 아니잖아요. 그럼 용질 질량을 측정할 필요가 없죠.
S2: 그럼 만약에 넣었는데 포화상태라서 안녹는거라고 생각할 수 있잖아. (반박)
S3: 그럼 그걸 대비해서 조금씩 넣어서 확인해보면 되지. (반박)
(주제1에 대한 비교집단의 학급논의)

<사례3>, <사례4>, <사례5>는 주제1 이후의 활동에서 나타나는 실험집단과 비교집단의 반박사례이며, 이를 분석한 결과 모든 주제의 학급논의에서 실험집단과 비교집단이 공통적으로 실험 과정에 대한 논의와 반박을 진행하였다. <사례3>은 실험 과정에서 뷰렛의 꼭지를 조절하는 것이 뷰렛으로부터 떨어지는 액체의 속도를 조절하는 것으로 보는 것이 옳은가에 대한 논의와 반박을 보여주며, <사례4>는 실험 과정에서 극성과 무극성 액체를 한 종류만 사용하는 것이 옳은가에 대한 논의와 반박, <사례5>는 실험 과정에서 중화적정 전의 온도가 일정함을 확인해야 하는가에 대한 논의와 반박을 보여준다. 이는 고등학교 과학 영재학급 수업에 문제해결형 탐구실험을 적용하여 학생들의 논의 양상을 알아본 선행연구에서 학생들의 논의가 주로 실험의 수행과 계획 또는 문제해결 방안에 대한 논의로 이루어졌다는 연구 결과(Lee *et al.*, 2010)와 일치한다.

〈사례3〉
S1: 아니 그런데 빠르다와 느리다의 정의가 뭔지...?
S2: 꼭지를 다 열었는지 아니면 덜 열었는지.
S1: 그건 유량이라고 해야죠. (반박)
S2: 왜?
S1: 꼭지를 많이 열면 그냥 많은 양이 떨어지는 거고, …
(주제2에 대한 실험집단의 학급논의)

〈사례4〉
S1: 질문 자체가 극성과 무극성을 가져다 댔을 때 어떤 차이가 있는지를 보는 거잖아요. 그럼 하나씩만 하면 되는거잖아요.
S2: 그럼 증류수와 헥세인의 다른 성질이 관여한 것일 수 있는데 왜 확신할 수 있죠? (반박)
S1: 애초에 저희가 보는 실험이 극성과 무극성에 초점을 맞춰놨잖아요.
S2: 그러니깐 … 왜 오직 극성과 무극성의 차이 때문이라고 확신할 수 있는건데요?
S1: 그렇게 치면 데케인이랑 에탄올을 추가한다고 해서 무조건 이건 무극성 때문이라고는 주장할 수는 없잖아요. (반박)
S2: … 하나만 있는 상태에서 원인이 완벽하게 무극성과 극성이라고 하기에는 힘들 것 같다는 생각이 듭니다. (반박)
(주제2에 대한 비교집단의 학급논의)

〈사례5〉
S1: 실험 전에 … 그 전을 보여주지 않으면 적정 때문이라고 하기가 조금 어려울 수 있다는 거죠.
S2: 그런데 … 이 데이터가 있으면 되는 거죠. 여기서는 중화반응이 진행되고 있지 않잖아요. (근거 반박)
(주제4에 대한 비교집단의 학급논의)

실험집단과 비교집단이 주제1에서는 비슷한 논의수준을 보였지만, What-If 활동을 경험한 이후 실험집단은 비교집단보다 높은 논의수준을 보이는 것으로 나타났다. 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박 빈도를 보면 실험집단은 주제1에서 12회, 주제2에서 32회, 주제3에서 36회, 주제4에서 50회였으며, 비교집단은 주제1에서 11회, 주제2에서 11회, 주제3에서 4회, 주제4에서 7회였다(Fig 1). 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박 빈도는 실험집단은 주제1에서 13회, 주제2에서 37회, 주제3에서 30회, 주제4에서 33회였으며, 비교집단은 주제1에서 10회, 주제2에서 14회, 주제3에서 5회, 주제4에서 4회였다(Fig 2). What-If 활동을 경험한 실험집단은 비교집단에 비해 반박 방법과 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박 빈도가 모두 높았으며, 이로부터 실험집단이 비교집단보다 높은 논의수준을 보임을 알 수 있다.

실험집단이 비교집단에 비해 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박 빈도가 높게 나타난 것은 What-If 학급논의에서의 높은 수준의 반박 경험이 영향을 미친 것으로 보인다. 실험집단의 What-If 학급논의에서 나타나는 반박 빈도를 분석한 결과, 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박 빈도는 주제1에서 28회, 주제2에서 71회, 주제3에서 37회, 주제4에서 37회였으며, 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박 빈도는 주제1에서 59회, 주제2에서 71회, 주제3에서 37회, 주제4에서 37회였다(Table

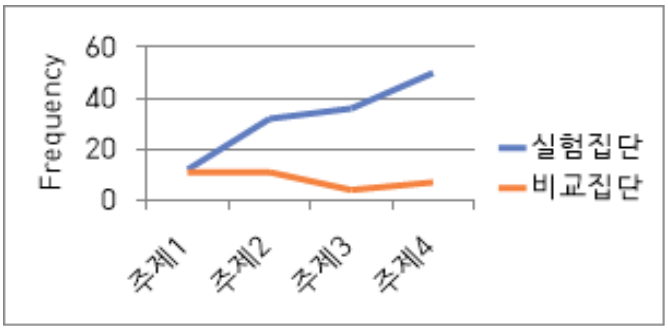

Figure 1. Changes in frequency of high level rebuttals by rebuttal method as the program progresses

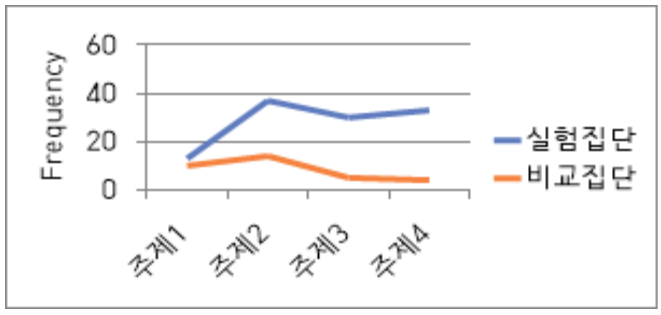

Figure 2. Changes in frequency of high level rebuttals by rebuttal target as the program progresses

Table 6. Analysis of classroom arguments in What-If activity

항목				주제1	주제2	주제3	주제4	총합
실험집단의 What-If 학급논의	반박 방법	낮은 수준의 반박	단순 반박	31	27	8	8	74
		높은 수준의 반박	근거 반박	28	44	29	29	130
	총합			59	71	37	37	204
	반박 대상	낮은 수준의 반박	주장에 대한 반박	28	22	14	13	77
		높은 수준의 반박	자료(증거)에 대한 반박	14	13	6	9	42
			보장(추리)에 대한 반박	5	16	7	7	35
			보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박	5	11	4	5	25
			자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박	7	9	6	3	25
	총합			59	71	37	37	204

6). 이로부터 실험집단은 비교집단에 비해 What-If 활동의 학급논의에서 높은 수준의 반박을 많이 경험했음을 알 수 있다.

What-If 활동의 학급논의에서 나타나는 논의의 맥락을 살펴보기 위해 반박사례를 분석한 결과 주제1의 ABI 학급논의에서 나타난 반박사례와 달리 실험 결과와 과학적 원리에 대한 반박이 나타났다. <사례6>과 <사례7>은 과학적 원리에 대한 논의와 반박사례로, 실험집단의 학생들은 과학적 개념을 바탕으로 What-If의 현실적인 가능성에 대한 주장, 증거, 반박을 제시하였다. <사례6>은 무극성 분자와 물의 인력이 충분히 크면 무극성 분자라도 극성 분자와 잘 섞일 수 있다는 주장과 반박을 보여주며, 그 과정에서 물에 산소가 소량 녹는다는 점과 입자 간 인력이라는 과학적 원리를 활용하였다. <사례7>은 무극성 분자가 물과 반응함으로써 무극성 분자라도 극성 분자와 잘 섞일 수 있다는 주장과 반박을 보여주며, 그 과정에서 이산화탄소의 용해라는 과학적 원리를 활용하였다.

〈사례6〉
S1: 무극성 분자와 물의 인력이 충분히 크면 녹을 수 있습니다.
S2: 물과 무극성 사이의 인력은 분산력밖에 없잖아요. … 물과의 인력이 충분히 강해질 수는 없지 않을까요. (반박)
S1: … 왜 분산력밖에 없어요? 유발 쌍극자가 있잖아요. (반박)
S2: 그게 분산력이잖아요. (반박)
S1: 분산력은 무극성 분자들끼리 있을 때 … (반박)
S3: 그리고 물에 산소가 녹긴 하잖아.
(주제1에 대한 실험집단의 What-If 학급논의)

〈사례7〉
S1: 염화수소도 공유결합물질인데 물에 녹아서 전기 전도성을 띠었잖아요. 무극성 분자가 물과 반응하면 되죠.
S2: 그건 극성 공유결합이고. (반박)
S1: 이산화탄소도 물에 잘 녹는데, 탄산이 되잖아. (반박)
S2: 물이랑 반응하는 것도 녹는건가?
S1: 이산화탄소가 줄어들었잖아.
(주제1에 대한 실험집단의 What-If 학급논의)

과학적 원리를 활용하여 논의하던 학생들은 일반적인 과학적 원리뿐만 아니라 실험 결과와 과학적 원리를 연결하여 주장과 증거의 타당성을 높였다. <사례8>과 <사례9>는 실험 결과에 대한 논의와 반박사례로, 실험집단의 학생들은 실험 결과를 바탕으로 What-If의 현실적인 가능성에 대한 주장, 증거, 반박을 제시하였다. <사례8>은 아이오딘이 물에 녹았다는 실험 결과를 통해 무극성 분자라도 극성 분자와 잘 섞일 수 있다는 주장과 반박이 제시되고, <사례9>는 실험 결과에서 제시되지 않은 고체와 기체의 용해 가능성을 통해 무극성 분자라도 극성 분자와 잘 섞일 수 있다는 주장과 반박을 보여준다. What-If 활동에 참여한 실험집단의 학생들은 What-If의 가능성을 타당하게 설명하기 위해 실험 결과와 과학적 원리를 활용하였으며, 그 과정에서 높은 수준의 반박이 나타났다. 이로부터 실험집단은 비교집단에 비해 What-If 학급논의를 통해 높은 수준의 반박뿐만 아니라 실험 결과와 과학적 원리에 대한 반박을 많이 경험했음을 알 수 있다.

〈사례8〉
S1: 1조가 아이오딘을 물에 녹였거든, 녹여서 노란색이 띤다고 했거든요. 내가 알기론 아이오딘이 물에 녹으면 이온화가 되니깐 …
S2: 그런데 아이오딘은 그냥 놔뒀을 때도 분해가 됐잖아. 그럼 물은 없어도 되니깐 물에 녹은 건 아닌 거잖아. (반박)

S1: 무극성 분자도 이온화가 될 수 있다는 거지.

(주제1에 대한 실험집단의 What-If 학급논의)

〈사례9〉

S1: 우리의 실험 결과만 보면 고체를 액체에 녹인 것만 있잖아. 고체랑 기체는 다르지 않을까?

S2: 똑같이 설명되지.

S1: 물질의 상태가 다른데 다르겠지. 온도에 따른 용해도 변화도 다르잖아. (반박)

S1: 고체, 액체, 기체 모두 얼만큼 가깝게 결합하느냐 차이지 극성 무극성 차이가 아니니깐 똑같지. (반박)

(주제1에 대한 실험집단의 What-If 학급논의)

What-If 학급논의에서 실험 결과와 과학적 원리에 대한 반박이 나타난 이유는 학생들이 논의를 포함한 탐구활동을 수행한 직후에 탐구활동의 결과와 관련된 불일치 사례 혹은 변칙 사례를 만약의 상황으로 제공했기 때문으로 보인다. 학생들은 만약의 상황에 대한 현실적인 가능성을 설명하기 위해 탐구활동의 과정을 되돌아보았다. 그 과정에서 관련 개념과 과학적 원리를 이용하여 주장과 근거를 제시하였으며, 이에 대한 논의와 반박을 통해 논의에 참여한 학생들의 과학적 개념에 대한 검토가 이루어졌다. 또한, 실험 결과를 과학적 원리와 연결지어 주장과 근거를 제시하기도 하였으며, 이에 대한 논의와 반박을 통해 실험 결과의 해석에 대한 과학적 검토가 이루어졌다.

What-If 활동을 경험한 실험집단의 ABI 학급논의 반박사례를 분석한 결과, 상대방의 주장이나 반박에 유효한 반박을 하기 위해 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박이 나타났다. <사례10>, <사례11>, <사례12>는 실험집단의 반박사례로, 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박을 보여준다. <사례10>은 이산화탄소의 압력이 변하지 않는다는 상대방(S1)의 증거에 대한 단순 반박이 효과적이지 않자 추가적인 근거 반박을 보여주며, <사례11>은 중화반응이 진행되면 무조건 온도가 증가한다는 상대방(S2)의 단순 반박에 유효한 반박을 제시하기 위해 근거 반박이 제시되고, <사례12>는 중화적정의 온도 변화 그래프가 직선이어야 한다는 상대방(S1)의 주장에 대한 근거 반박과 근거 반박에 유효한 반박을 제시하기 위한 근거 반박을 보여준다.

〈사례10〉

S1: 기체가 만들어지는 압력이 크지 않기 때문에, 기포가 생성되는 정도에 따라 반응성을 비교할 수 있습니다.

S2: 이산화탄소의 압력이 변하나요? 변하지 않잖아요. (단순 반박)

S1: 여기의 압력이 기포 안에서의 기체 압력이거든요. … 기포의 양에 따라서 반응 특성을 알 수 있다고 제시한 겁니다.

S2: 그러니깐 … 그러면 큰 기포 말고 작은 기포가 여러 개 생길 수도 있는 거잖아. (근거 반박)

(주제3에 대한 실험집단의 학급논의)

〈사례11〉

S1: 우리가 처음 염기를 넣을 때 너무 많이 넣어서 그럽니다. 너무 빨리 넣어서 온도가 감소한 거에요.

S2: … 중화반응이 진행되면 온도가 올라간다니깐요. (단순 반박)

S1: … 중화반응에 의한 온도의 증가량보다 염기의 온도가 더 낮으면 온도가 감소할 수도 있죠. (근거 반박)

(주제4에 대한 실험집단의 학급논의)

〈사례12〉

S1: 저희 그래프가 너무 직선이라고 하시는데, 저희는 측정한거 그대로 그린겁니다. 여기 실제 사진을 보여드리겠습니다.

S2: 너네가 통제변인을 이상하게 했나보지, 다른 조들은 다 곡선이 나오잖아. (근거 반박)

S1: 통제변인은 오히려 우리가 잘한 거 아닌가요? 일정하게 중화반응시켜서 일정하게 온도가 증가했으니깐요. (근거 반박)

S2: 아니지, 적정을 할수록 용액의 양이 증가하니 온도 변화량은 감소해야지. (근거 반박)

(주제4에 대한 실험집단의 학급논의)

비교집단의 반박사례를 분석한 결과, 상대방의 주장에 대한 반박이 나타났으나 근거와 함께 제시되지 않아 타당성이나 유효성이 높지 않았기 때문에 반박 방법에 따른 낮은 수준의 반박이 주로 나타났다. <사례13>과 <사례14>는 비교집단의 반박사례로, 반박 방법에 따른 낮은 수준의 반박이 나타났다. <사례13>에서는 실험 과정에서 반응이 완결될 때까지의 시간을 측정해야 한다는 상대방(S1)의 주장에 대한 단순 반박이 나타났으며, <사례14>는 중화적정 실험 과정에서 온도계의 위치 변화에 의해 온도가 변했다는 상대방(S1)의 주장에 대한 단순 반박을 보여준다.

〈사례13〉

S1: 이 실험은 17초고 저 실험은 … 그러니깐, HCl이 빨리 끝나는 거죠.

S2: 그러니깐 초로 시간을 비교 할거면 같은 양이 감소할 때까지의 시간을 측정해야 하는 거잖아. (단순 반박)

S1: 반응을 얼마나 많이 하냐와 얼마나 빠르게 하냐는 다른 거 아닌가?

(주제3에 대한 비교집단의 학급논의)

〈사례14〉

S1: 70초 이후에는 어떤 일이 일어날지 알 수 없으므로 …

S2: 그럼 온도계를 그대로 놔둬야 하지 않겠어요? (단순 반박)

(주제4에 대한 비교집단의 학급논의)

반박은 논의에서 다양한 관점을 검토하는 중요한 요소임과 동시에 상대방의 논의에 대한 정당화를 요구하며(Osborne *et al*., 2004), 반박을 통해 학생들은 자신의 입장과 상반된 입장에서 자신의 주장이나 근거 등을 점검함으로써 더욱 정교한 논의활동을 할 수 있다(Koe, 2009). What-If 활동을 통해 반박을 많이 경험한 실험집단의 학생들은 학급논의에 반박 가능성이 작은 주장과 증거를 제시하고자 하였으며, 이를 위해 학급논의 전에 모둠별로 진행하는 논의에서 이미 수많은 반박을 경험하면서 유효성과 타당성을 높인 주장과 증거를 학급논의에 제시하였다. 주장과 증거에 대해 반박하는 과정에서 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박이 나타났으며, 이는 주장과 근거에 대해 유효한 반박을 하기 위해 단순 반박보다는 높은 수준의 반박인 근거 반박이 더 효과적이라는 선행 연구 결과(Osborne *et al*., 2001)와 일치한다.

실험집단이 비교집단에 비해 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박 빈도가 높은 이유는 실험 결과와 과학적 원리에 대한 반박 경험이 영향을 미친 것으로 보인다. 비교집단과 달리 실험집단에서는 실험 결과와 과학적 원리에 대한 논의가 추가적으로 많이 나타났으며, 이러한 논의에서의 반박이 주로 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박으로 나타났다. <사례15>, <사례16>, <사례17>은 실험 결과와 과학적

원리에 대한 논의와 반박이 나타난 실험집단의 반박사례로, 모든 반박이 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박으로 나타났다. <사례15>는 실험 결과인 중화적정에 따른 온도 변화 그래프가 곡선으로 나타나는 것이 과학적으로 옳은가에 대한 논의와 반박을 보여주며, <사례16>에서는 상온에 존재하는 물질의 온도가 모두 같다고 설명하는 것이 과학적으로 옳은가에 대한 논의와 반박이 나타났고, <사례17>에서는 실험 결과로 발생한 생성물의 양을 르샤틀리에의 원리로 설명하는 것이 과학적으로 옳은가에 대한 논의와 반박이 나타났다.

〈사례15〉
S1: 저기에 수산화이온이 존재할 수 있다고 생각해. 왜냐하면 물의 자동이온화란게 존재하잖아.
S2: 그건 불가능한게 10의 마이너스 7승으로 매우 작으니깐 근거가 되지는 않지. (자료에 대한 반박)
(주제4에 대한 실험집단의 학급논의)

〈사례16〉
S1: 상온의 온도랑 용액의 온도는 다르죠.
S2: 왜?
S1: 그건 만져보면 알 수 있잖아요. 물 만지면 차갑잖아. 알 수 있잖아.
S2: 그런데 용액도 상온에 있었잖아. 그럼 같아야지. 그리고, … (자료에 대한 반박)
S1: 그건 다르지. 물에 손 담가보면 차갑잖아. … (보장에 대한 반박
S2: 물에 손을 넣어서 차가운건 열전도율에 따라 다른거잖아. (자료에 대한 반박)
(주제4에 대한 실험집단의 학급논의)

〈사례17〉
S1: … 해당 요인은 뒤에서 실험을 방해하는 요인으로서 설명을 해야할 것 같습니다.
S2: 그런데 르샤틀리에 원리에 따르면 … 그럼 반응이 끝까지 진행되어야 하는 거잖아요. (보장에 대한 반박)
S1: 그런데 르샤틀리에 원리에 따르면 … 그러니깐 그것 때문에 끝까지 가지는 않는 겁니다. (자료에 대한 반박)
S2: 그러니깐 … 그게 반복되면 결국 염산이랑 똑같이 다 반응해야 하는 거잖아요. (자료와 주장의 연결에 대한 반박)
S1: 그러니깐 그래서 변화를 완전히 없앨 수 없다니깐요. … 한계가 존재하잖아요. (자료에 대한 반박)
S2: 변화를 완전히 없앨 수는 없는데 … 결국 정반응이 계속 일어날 수밖에 없잖아요. (자료와 주장의 연결에 대한 반박)
S1: 어느 순간은 수렴할 때가 있겠죠. 그리고 … 아예 이산화탄소가 없다고 하기는 힘들죠. (자료에 대한 반박)
(주제3에 대한 실험집단의 학급논의)

비교집단의 반박사례를 분석한 결과, 비교집단에서는 여전히 실험 과정에 대한 논의와 반박이 주로 나타났으며, 이러한 논의에서의 반박은 반박 대상에 따른 낮은 수준의 반박을 보여준다. <사례18>과 <사례19>는 반박 대상에 따른 낮은 수준의 반박이 나타난 사례다. <사례18>은 실험 과정에서 기체가 들어 있는 풍선의 부피를 어떻게 측정했는가에 대한 논의에서 반박 대상에 따른 낮은 수준의 반박을 보여주며, <사례19>에서는 중화적정 과정에서 적정 전의 온도 변화를 제시해야 하는가에 대한 논의에서 반박 대상에 따른 낮은 수준의 반박이 나타났다.

〈사례18〉
S1: 정확히 얼만큼의 부피라고 하기보다는 자로 … 하여 측정했습니다.
S2: 풍선이 완벽한 구가 아닌데 어느 반지름을 측정했다는건데? (주장에 대한 반박)
(주제3에 대한 비교집단의 학급논의)

〈사례19〉
S1: 실험 전의 온도 변화가 … 그 전을 보여주지 않으면 적정때문이라고 하기 어려울 수 있죠.
S2: 그런데 그건 다른 조들도 다 똑같은데? (주장에 대한 반박)
(주제4에 대한 비교집단의 학급논의)

이로부터 비교집단과 달리 What-If 활동을 경험한 실험집단의 학급논의에서는 실험 과정뿐만 아니라 실험 결과와 과학적 원리에 대한 논의와 반박이 추가적으로 나타났으며, 이러한 논의에서의 반박은 주로 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박으로 나타남을 알 수 있었다. 이는 중학교 과학 영재학급 수업에 변칙 사례를 활용한 탐구 및 논의 활동을 진행하여 인식론적 프레이밍과 논의활동의 변화를 알아본 선행 연구에서 변칙 사례를 경험한 학생들이 해당 사례를 설명하기 위해 시도하는 과정에서 학생들의 추론이 현상 기반 추론에서 모형 기반 추론으로 이어졌다는 연구 결과(Lee, Yun, & Kim, 2015)와 일치한다. 현상 기반 추론의 경우 관찰 현상이 곧 설명이 되므로 현상이 나타나게 된 원인이나 과정에 대하여 설명하려는 시도가 이루어지지 않지만, 모형 기반 추론의 경우 관찰 결과를 이론과 결합하여 설명을 구성한다. 이에 따라 실험집단에서 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박인 자료(증거)에 대한 반박, 보장(추리)에 대한 반박, 보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박, 자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박이 높은 빈도로 나타난 것으로 보인다.

Ⅳ. 결론 및 제언

이 연구는 논의기반 탐구(ABI) 과학수업에 적용한 What-If 활동이 과학 고등학교 학생들의 논의수준에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 이를 위해 반박의 유형별 빈도를 이용하여 반박의 수준별 빈도를 분석하였으며, 반박수준의 변화를 보여주는 구체적인 반박사례를 분석하였다. 연구로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, What-If 활동을 경험한 실험집단은 비교집단보다 반박 대상과 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박 빈도가 높게 나타났다. 반박이나 정당화의 정도는 질적으로 높은 논의수준에 대한 지표가 될 수 있다(Clark & Sampson, 2008; Erduran *et al*., 2004). 반박은 타당하지 않은 논의에 대한 정당화를 요구하므로(Osborne *et al*., 2004), 반박의 빈도가 높다는 것은 여러 번의 검토를 통해 타당성이 높은 주장과 증거를 형성하여 정교한 논의가 이루어졌음을 의미한다. 또한, 반박이 정당화를 요구한다는 점에서 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박이나 반박 대상에 따른 높은 수준의 반박은 주장에 대한 타당성의 정도를 감소시킴에 따라 보다 높은 정당화를 요구하므로, 반박의 수준이 높다는 것은 보다 정교한 논의를 구성하였음을 의미한다. 따라서 반박 대상과 반박 방법에 따른 높은 수준의 반박 빈도가 높다는 것을 통해 논의수준이 높다고 판단할 수 있다.

둘째, 실험집단과 비교집단의 학급논의에서는 공통적으로 실험 과

정에 대한 논의와 반박이 나타났으며, What-If 활동을 경험한 실험집단은 비교집단과 달리 실험 과정에 대한 논의와 반박뿐만 아니라 실험 결과와 과학적 원리에 대한 논의와 반박이 추가적으로 나타났다. 실험 결과와 과학적 원리에 대한 논의와 반박이 나타났다는 것은 관찰 결과로부터 인과적 설명을 구성하는 과학적 논의가 이루어졌음을 의미하며, 이는 인과적 설명의 정교화를 돕는 요소이자 설명의 부족한 점을 보완하거나 수정하도록 촉진하는 역할을 하는 반박이 높은 수준의 형태로 나타날 수 있음을 의미한다. 이로부터 반박을 많이 경험한 실험집단은 더욱 정교한 주장과 증거를 구성하여 학급논의에 참여했으며, 학급논의에서 상대방의 주장과 근거에 유효한 반박을 하기 위해 높은 수준의 반박을 많이 사용한 것으로 판단된다.

실험 과정에 대한 논의는 과학탐구와 논의를 접목한 수업전략에서 많이 나타나는 유형의 논의이며, 과학캠프에 참여한 학생들을 대상으로 진행한 MBL 수업의 과학 탐구와 논의적 의사소통에 관한 사례 연구에서도 학생들의 논의적 의사소통이 주로 실험 과정에 관하여 이루어졌음을 보고한 바 있다(Oh, Lee, & Kim, 2008). 실험 과정에 대한 논의에서는 관찰 결과가 정확한가와 실험 방법이 타당한가에 대한 논의가 이루어졌으며, 이러한 논의를 진행한 비교집단에서는 실험집단에 비하여 높은 수준의 반박이 높은 빈도로 나타나지 않았다. 이는 논의에서의 반박 빈도를 측정한 선행 연구 결과와 일치하며(Kang, 2004; Kang *et al*., 2006; Kwak & Nam, 2009; Lee & Lim, 2010; Lee *et al*., 2010; Paik & Son, 2014; Shin & Kim, 2011), 실험 수행 방식에 적응함에 따라 실험 수행과 관련된 논의가 감소하기도 한다는 연구 결과(Shin & Kim, 2011)로부터 실험 과정에 대한 논의에서 반박이 나타나기 어려움을 알 수 있다. 하지만 실험집단에서는 '만약'에 해당하는 What-If 활동을 통해 실험 결과와 과학적 원리에 대한 논의가 이루어졌다. What-If 활동에 참여한 학생들은 What-If의 가능성을 타당하게 설명하기 위해 과학적 원리를 활용하거나 실험 결과를 과학적 원리와 연결 지어 실험 결과를 과학적으로 검토하고 근거로 활용하였다. 이러한 What-If 활동에서의 논의와 반박 경험이 ABI 학급논의에서 실험 결과의 해석과 설명이 과학적으로 타당한가에 대한 논의로 확대되면서 자료(증거)에 대한 반박, 보장(추리)에 대한 반박, 보장(추리)의 적용 가능성에 대한 반박, 자료(증거)와 주장의 연결에 대한 반박 등의 수준 높은 반박이 제시되어 비교집단에 비해 실험집단의 논의수준이 높게 나타난 것으로 보인다.

실험집단은 What-If 활동을 통해 비교집단에 비하여 높은 수준의 반박을 많이 경험하게 되었다. 선행 연구 결과에 따르면 논의에 참여하는 학생들은 논리를 스스로 강화할 때보다 상대방의 의견에 반박할 때 증거를 적극적으로 사용하려는 경향이 있고, 수준 높은 근거에 기반한 반박이 이루어지는 논의에 참여할 때 자신도 높은 수준의 근거를 사용하려는 경향이 있다(Clark & Sampson, 2008). 이에 따라 반박을 많이 경험한 실험집단의 학생들은 학급논의 전에 진행되는 모둠원 간의 논의에서 타당성을 충분히 높인 주장과 증거를 구성하여 학급논의에 참여하였으며, 학급논의에서는 상대방의 주장과 반박에 대한 유효한 반박을 제시하기 위해 근거 반박과 같이 수준 높은 반박을 사용하여 비교집단에 비해 실험집단의 논의수준이 높게 나타난 것으로 보인다.

논의 상황에 적극적으로 참여할 수 있도록 실험 상황에서 얻게 되는 결과가 기존의 예측과 다르게 나타나는 사례를 제시하여 인지 갈등을 유도할 수 있으며(Kuhn, 2005), 이를 통해 증거를 의심하거나 설명을 개선하는 이론과 증거의 조정 과정을 거칠 것으로 기대할 수 있다(Lee *et al*., 2012). 이러한 관점에서 학생들의 논의수준을 향상시키기 위해 학생들의 수준에 맞게 구성된 외부 갈등을 제공하여 수준 높은 논의를 이끌 수 있는 논의 환경을 조성할 필요가 있다. What-If 활동에 참여한 학생들은 탐구활동의 과정을 되돌아보며 과학적 원리와 실험 결과를 바탕으로 What-If의 현실적인 가능성에 대한 주장과 증거를 구성하여 논의에 참여하였다. 이러한 논의에서는 관련 개념과 실험 결과에 대한 검토를 요구하며 높은 수준의 반박이 나타났고, 이는 ABI 학급논의에서의 과학적 검토와 높은 수준의 반박으로 확대되었다. 인지 수준이 높은 과학 고등학교 학생에게 논의활동에서 반박을 유도하기 위한 What-If 상황의 제공은 논의의 수준을 향상시킬 뿐만 아니라 실험 결과와 관련 개념에 대한 과학적 사고의 기회를 제공할 수 있는 전략이 될 것이다.

이 연구에서 얻은 결론을 바탕으로 다음의 제언을 하고자 한다. 첫째, What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구(ABI) 과학수업에서 나타나는 과학 고등학교 학생들의 모둠별 논의의 반박에 대한 연구가 필요하다. 이 연구는 What-If 활동이 과학 고등학교 학생들의 논의수준에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 모둠별 논의 이후에 진행되는 학급논의를 분석하였다. 반박을 많이 경험한 실험집단은 모둠별 논의에서 더욱 정교한 주장과 증거를 구성하여 학급논의에 참여하였으며, 전체 학급 토론은 소집단 토론 이후에 이와 연계되어 이루어지더라도 소집단 토론과 적지 않은 측면에서 다른 양상을 보인다(Kwon *et al*., 2017; Yang *et al*., 2016). 이에 따라 What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구 과학수업에서 나타나는 과학 고등학교 학생들의 모둠별 논의의 반박에 대한 연구가 필요하다고 본다. 둘째, What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구(ABI) 과학수업이 일반 고등학교 학생들에게 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. 이 연구는 과학 고등학교 학생들의 논의수준에 미치는 영향에 대해 탐색하였으며, 과학 고등학교 학생들은 과학 영재 학생들에 해당한다. 과학 영재 학생들은 일반 학생에 비해 인지수준이 높고 과제 집착력이 뛰어나므로(Cho & Yu, 2011; Lee, 2011; Kim *et al*., 2008), 과학적 상황의 논의에서 일반 고등학교 학생들은 과학 고등학교 학생과는 다른 논의를 보일 수 있다. 이에 따라 What-If 활동을 적용한 논의기반 탐구 과학수업이 일반 고등학교 학생들에게 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다고 본다. 셋째, What-If 활동의 주제 개발을 위한 연구가 필요하다. 이 연구에서 What-If 활동의 주제는 논의기반 탐구 과학수업 활동의 주제를 바탕으로 '불일치 사례' 혹은 '변칙 사례'를 참고하여 개발하였으며, 과학적인 논의가 이루어질 수 있도록 적절한 수준의 논의 과제를 구성하였다. 불일치 사례에 대한 대처를 교사에게만 의존하는 것은 과학적 실천으로서의 탐구를 오히려 어렵게 만들 수 있으므로(Jang, Choi, & Hong, 2021), What-If 활동의 주제 개발을 위한 연구가 진행된다면 현장의 교사들이 What-If 활동을 사용하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

주제어 : 논의-기반 탐구, ABI, What-If, 논의, 반박, 논의수준

References

Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. Journal of Research in Science Teaching, 49(1), 68-94.

Brown, S. I., & Walter, M. I. (2004). The art of problem posing. New York: Psychology Press.

Buck, Z. E., Lee, H. S., & Flores, J. (2014). I am sure there may be a planet there: Student articulation of uncertainty in argumentation tasks. International Journal of Science Education, 36(14), 2391-2420.

Chen, Y. C., Benus, M. J., & Hernandez, J. (2019). Managing uncertainty in scientific argumentation. Science Education, 103(5), 1235-1276.

Cho, H. A., Chang, J. E., & Kim, H. B. (2013). Epistemic Level in Middle School Students' Small-Group Argumentation Using First-Hand or Second-Hand Data. Journal of the Korean Association for Science Education, 33(2), 486-500.

Cho, H. C., & Yu, S. C. (2011). A comparison of scientific inquiry abilities and self-regulated learning strategies between Korean scientifically gifted and regular students. Journal of the Korean Society for Gifted and Talented 2011, 10(3), 97-116.

Cho, K. L. (2002). The Effects of the Types of Argumentation Scaffolds and Problems on the Quality of Argumentation, Problem Solving Achievement, and Group Effectiveness. Journal of Educational Technology, 18(3), 55-82.

Christenson, N., Chang Rundgren, S. N., & Höglund, H. O. (2012). Enhancing Students' meta-Cognition and Argumentation Skills. Journal of Science Education and Technology, 21, 342-352.

Clark, D. B., & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. Journal of Research in Science Teaching, 45(3), 293-321.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, 84(3), 287-312.

Erduran, S. (2007). Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research. Netherlands: Springer.

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. Science Education, 88(6), 915-933.

Garcia-Mila, M., & Andersen, C. (2007). Cognitive foundations of learning argumentation. In Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research. Netherlands: Springer.

Han, M. H. (2020). Escaping Uncertainty: Elementary Students' Emotional-Cognitive Rebuttals in the Argumentation of "Why Did the Kidney Beans not Germinate?". Journal of the Korean Association for Science Education, 40(1), 1-12.

Heo, N. G. (2021). Using 'What-If-Not Strategy' for Mathematical Exploration in a Dynamic Geometry Environment. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 21(14), 353-367.

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. International Journal of Science Education, 25(6), 645-670.

Hofstein, A., Kipnis, M., & Kind, P. (2008). Enhancing Students' meta-Cognition and Argumentation Skills. In Science education issues and developments. New York: Nova Science Publishers.

Jang, K. H., & Nam, J. H. (2016). The Effect of Negotiation in Argument-Based Inquiry on Middle School Students' Claim and Evidence. Journal of the Korean Chemical Society, 60(1), 39-47.

Jang, K. H., Nam, J. H., & Choi, A. R. (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.

Jang, W. H., Choi, M. J., & Hong, H. G. (2021). Interpretation of Discrepant Events through Analysis of Inquiry Activities in Textbooks - Focusing on the Discussion of the Boiling Point Measurement Experiment -. The Korean Society for School Science, 15(5), 437-451.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. Science Education, 84(6), 757-792.

Kang, N. H., & Lee, E. K. (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.

Kang, S. M. (2004). Characteristics of argumentation components in solving processes of the scientific argument tasks. Korea National University of Education, Korea.

Kang, S. M., Kwak, K. H., & Nam, J. H. (2006). The effects of argumentation-based teaching and learning strategy on cognitive development, science concept understanding, science-related attitude, and argumentation in middle school science. Journal of the Korean Association for Science Education, 26(3), 450-461.

Kang, Y. E., Nam, J. H., & Cho, H. S. (2016). Analysis of Changes in Preservice Science Teachers' Modeling Ability in Argument-based General Chemistry Laboratory Investigations. Journal of the Korean Chemical Society, 60(4), 276-285.

Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, 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.

Kim, H. K., & Song, J. W. (2004). The Exploration of Open Scientific Inquiry Model Emphasizing Students' Argumentation. Journal of the Korean Association for Science Education, 24(6), 1216-1234.

Kim, J. Y., Ha, J. H., Park, K. T., & Kang, S. J. (2008). The Analysis of Student-student Verbal Interactionson the Problem-solving Inquiry Which was Developed for Creativity-increment of the Gifted Middle School Students. Journal of Gifted/Talented Education, 18(1), 1-21.

Kind, P. M., Kind, V., Hofstein, A., & Wilson, J. (2011). Peer Argumentation in the School Science Laboratory—Exploring effects of task features. International Journal of Science Education, 33(18), 2527-2558.

Koe, H. S. (2009). A Study of a Thinking Process in Elementary School Student by Applying the Issues-Centered Cooperative Learning Model. Social Studies Education, 48(3), 57-73.

Ku, B. W., & Song, S. H. (2011). Development and Utilization of Mathematics Teaching Materials for Gifted Class by the Use of Polyominoes and What if (not)? Strategy. Journal of Korea Society of Educational Studies in Mathematics, 13(1), 175-187.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. Science Education, 77(3), 319-337.

Kuhn, D. (2005). Education for Thingking. London: Havard University Press.

Kwak, K. H., & Nam, J. H. (2009). Enhancing the quality of students' argumentation and characteristics of students' argumentation in different contexts. Journal of the Korean Association for Science Education, 29(4), 400-413.

Kwon, H. S., Kim, M. H., Kim, S. H., & Noh, T. H. (2017). The Patterns of Analogy Change and the Characteristics of Discussions in Collaborative Activity of Self-Generated Analogy. Journal of the Korean Association for Science Education, 37(3), 407-416.

Lee, B. W., & Lim, M. S. (2010). Analysis of Argumentation in the Inquiry Discourse among Pre-service Science Teachers. Journal of the Korean Association for Science Education, 30(6), 739-751.

Lee, D. H., & Song, S. H. (2013). The case analysis of Rummikub game redeveloped by gifted class using What-If-Not strategy. Journal of Elementary Mathematics Education in Korea, 17(2), 285-299.

Lee, D. W., Cho, H. S., & Nam, J. H. (2015). Investigating the Cognitive Process of a Student's Modeling on a Modeling-Emphasized Argument-Based General Chemistry Experiment. Journal of the Korean Association for Science Education, 35(2), 313-323.

Lee, E. J., Yun, S. M., & Kim, H. B. (2015). Exploring Small Group Argumentation and Epistemological Framing of Gifted Science Students as Revealed by the Analysis of Their Responses to Anomalous Data. Journal of the Korean Association for Science Education, 35(3), 419-429.

Lee, G. E., Choe, S. U., & Kim, C. J. (2010). Characteristics of Argumentation in Science Instruction Using Internet Messenger: A Case of Scientifically Gifted Students in Apprenticeship.Journal of the Korean Earth Science Society, 31(6), 625-636.

Lee, H. R. (2011). An Analysis on the Behavioral Characteristics of the Scientifically Gifted Students. Journal of the Korean Earth Science Society, 32(3), 294-305.

Lee, H. S., Liu, O. L., Pallant, A., Roohr, K. C., Pryputniewicz, S., & Buck, Z. E. (2014). Assessment of uncertainty-infused scientific argumentation. Journal of Research in Science Teaching, 51(5), 581-605.

Lee, H.-S., Pallant, A., Pryputniewicz, S., Lord, T., Mulholland, M., & Liu, O. L. (2019). Automated text scoring and real-time adjustable feedback: Supporting revision of scientific arguments involving uncertainty. Science Education, 103(3), 590-622.

Lee, J. G. (2012). Generating Counter-example for Refinement of Statements on If-Not-What-Yes and What-If-For : For Pre-service Teachers' Mathematics Education. Korea National University of Education, Korea.

Lee, J. H., & Kim, H. B. (2021). Exploring Scientific Argumentation Practice from Unproductive to Productive: Focus on Epistemological Resources and Contexts. Journal of the Korean Association for Science Education, 41(3), 193-202.

Lee, J. Y., & Kim, H. B. (2011). Small Group Argumentation Pattern of Middle School Students Constructed in The Conflict Context. Biology Education, 39(2), 235-247.

Lee, M. J., Kwon, J. I., & Nam, J. H. (2015). Analysis of Argumentation

in Middle School Science Classroom Using Argument-Based Inquiry. Journal of the Korean Chemical Society, 59(1), 78-87.
Lee, S. E. (2018). Exploring an Alternative Direction for a Competence-Based Curriculum in an Age of Uncertainty: An "Ontological Approach". The Journal of Curriculum Studies, 36(1), 45-69.
Lee, S. K., Lee, G. H., Choi, C. I., & Shin, M. K. (2012). Analyzing Coordination of Theory and Evidence Presented in Pre-service Elementary Teachers' Science Writing for Inquiry Activities. Journal of the Korean Association for Science Education, 32(2), 201-209.
Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in science education is really for. In Practical work in schools science: Which way now?. London: Routledge.
Nam, J. H., Koh, M. R., Park, D. C., Lim, J. H., Lee, D. W., & Choi, A. R. (2011). The Effects of Argumentation-based General Chemistry Laboratory on Preservice Science Teachers' Understanding of Chemistry Concepts and Writing. Journal of the Korean Association for Science Education, 31(8), 1077-1091.
Nam, J. H., Kwak, K. H., Jang, K. H., & Hand, B. (2008). The Implementation of Argumentation Using Science Writing Heuristic (SWH) in Middle School Science. Journal of the Korean Association for Science Education, 28(8), 922-936.
Noroozi, O., Weinberger, A., Biemans, H. J., Mulder, M., & Chizari, M. (2013). Facilitating argumentative knowledge construction through a transactive discussion script in CSCL. Computers & Education, 61, 59-76.
Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. Science education, 87(2), 224-240.
Nussbaum, E. M. (2011). Argumentation, dialogue theory, and probability modeling: Alternative frameworks for argumentation research in education. Educational Psychologist, 46(2), 84-106.
Oh, J. A., Lee, S. K., & Kim, C. J. (2008). A Case Study on Scientific Inquiry and Argumentative Communication in Earth Science MBL Classes. Journal of the Korean Earth Science Society, 29(2), 189-203.
Organisation for Economic Co-operation and Development[OECD]. (2019). OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030 – A Series of Concept Notes. Paris: OECD Publishing.
Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction?. Science Education, 95(4), 627-638.
Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 994-1020.
Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. School Science Review, 82(301), 63-70.
Paik, S. H., & Son, S. H. (2014). An Analysis of Pre-Service Science Teachers' Argument Structures, the Factors Affecting the Practice of State Change Experiment in 7th Grade and Cognition of Pre-Service Education. Journal of the Korean Association for Science Education, 34(3), 197-206.
Park, J. A., Jung, D. J., Kim, G. U., Jun, J. K., & Nam, J. H. (2020). The Effects of Argument-Based Inquiry Activities On Elementary School Students' Claims and Evidence in Science Writing. Journal of the Korean Chemical Society, 64(6), 389-400.
Park, J. Y., & Kim, H. B. (2012). Theoretical Considerations on Analytical Framework Design for the Interactions between Participants in Group Argumentation on Socio-Scientific Issues. Journal of the Korean Association for Science Education, 77(3), 319-337.
Park, J. Y., & Nam, J. H. (2019). Analysis of Epistemic Thinking in Middle School Students in an Argument-Based Inquiry(ABI) Science Class. Journal of the Korean Association for Science Education, 39(3), 337-348.
Park, W. M. (2020). Analysis of Rebuttals in the Argument Structure of Learning Contents in Lesson Plans of Earth Science Preservice Teachers. Journal of Korean Society of Earth Science Education, 13(3), 238-252.
Rod Watson, J., Swain, J. R., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. International Journal of Science Education, 26(1), 25-45.
Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. Science Education, 95(2), 217-257.
Shin, H. S., & Kim, H. J. (2011). The Gifted Students' View on Argumentation and the Aspects of the Argumentation in Problem-Solving Type Experiment. Journal of the Korean Association for Science Education, 31(4), 567-586.
Shin, H. S., & Kim, H. J. (2012). Development of the Analytic Framework for Dialogic Argumentation Using the TAP and a Diagram in the Context of Learning the Circular Motion. Journal of the Korean Association for Science Education, 32(5), 1007-1026.
Sinnema, C., Aitken, G., Priestley, M., & Biesta, G. (2013). Reinventing the curriculum: New trends in curriculum policy and practice. London: Bloomsbury Academic.
Verheij, B. (2005). Evaluating arguments based on Toulmin's scheme. Argumentation, 19, 347-371.
Von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 45(1), 101-131.
Yang, C. H., Kim, S. H., Jo, M. J., & Noh. T. H. (2016). The Characteristics of Group and Classroom Discussions in the Scientific Modeling of the Particulate Model of Matter. Journal of the Korean Association for Science Education, 36(3), 361-369.
Yang, I. H., Kim, K. Y., Lim, S. M., Kim. E. A., & Kim. S. U. (2015). Elementary School Students' Decision-Making Change through Refutation Materials and Empathic Situation on Socio-Scientific Issue. Journal of Korean Society of Earth Science Education, 8(1), 66-75.

저자정보

박성대(부산대학교 박사과정)
박지훈(경인교육대학교 교수)
정도준(부산대학교 강사)
남정희(부산대학교 교수)