

탐구에 대한 비판적 의견 제시 활동에서 고등학생이 제시한 의견 분석

손유라 · 이봉우*
단국대학교

Analysis of Opinions Suggested by High School Students in the Critical Opinion Activity on Inquiry

Yoora Son · Bongwoo Lee*
Dankook University

Abstract: The purpose of this study is to analyze high school students' critical opinions on others' inquiries in small group open inquiry. Forty-one high school students participated in these activities at the inquiry planning stage and the intermediate stage of inquiry. In the two activities, 595 and 233 opinions were presented respectively, and analyzed into categories based on the inquiry process. The main research results are as follows: first, many opinions were presented in the areas of 'problem recognition and hypothesis setting' and 'design of inquiry' in the feedback on the inquiry plan, especially related to 'revision and addition of research problems,' 'research targets and conditions,' and 'control of variables.' Second, in the feedback on the results of the inquiry, there were many opinions related to 'report preparation' and 'design of inquiry' area. Based on the research results, implications related to the application of critical opinion activity were discussed.

keywords: inquiry, open inquiry, critical opinion, feedback

I. 서론

과학교육에서 탐구는 과학을 다른 교과와 구별지을 수 있는 가장 특징적인 활동으로 오래전부터 중요하게 여겨져 왔다(Kim & Lee, 2018; Lee & Lee, 2019). 과학에서 탐구는 과학 지식을 얻는 방법과 과정이며, 어떤 문제점을 해결하기 위해 원인을 찾거나 자료를 모으고 실험하는 다양한 노력과 활동을 포함한다(Shim *et al.*, 2018).

학생들은 탐구 활동을 통해 과학 지식을 습득하는 것은 물론, 과학적 방법의 이해를 통해 과학에 대한 본성 이해와 과학에 대한 긍정적인 자세를 갖출 수 있다(Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998). 이런 이유로 과학과 교육과정에서는 탐구를 강조하고 있는데, 7차 교육과정에서는 기초 탐구 과정과 통합 탐구 과정을 명시적으로 제시하였으며(Ministry of

Education, 1997), 2007년 개정 교육과정에서는 자유 탐구를 통해 학생들의 과학에 대한 흥미를 높이고 창의력을 신장시킬 수 있도록 학생 스스로 관심 있는 주제를 선정하여 탐구할 기회를 제공하였다(Ministry of Education & Human Resources Development, 2007). 2015 개정 교육과정에서는 과학과 핵심역량으로 과학적 사고력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등과 함께 과학적 탐구능력을 제시하여 과학기술 인재의 소양을 갖추도록 하였다(Ministry of Education, 2015). 이를 위해 고등학교에 '과학 탐구실험' 교과목을 신설하여 모든 고등학생들이 필수로 이수하도록 했다.

중등과학교육에서 탐구를 중요하게 여기는 것은 외국에서도 나타나고 있는데, 최근 진행된 과학교육 개혁 또는 과학교육과정 개정에서 과학 탐구 교육을 강조하고 있다. 예를 들어, 미국의 '과학적 공학적 실

* 교신저자: 이봉우 (peak@dankook.ac.kr)

** 이 논문은 손유라의 2020년도 석사 학위 논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

*** 2021년 10월 12일 접수, 2021년 12월 6일 수정원고 접수, 2021년 12월 8일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2021.45.3.304>

행'(National Research Council, 2011), 영국의 '과학적으로 수행하기'(Department for Education, 2015), 호주의 5가지 과학 탐구 기능(Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority, 2014) 등을 들 수 있다.

이와 같은 지속적인 탐구 교육의 강화에도 불구하고 학교에서의 탐구 교육이 성공적이지 못하다는 여러 연구 결과들이 끊임없이 제기되고 있다. 교과서가 탐구 중심으로 기술되는 방향으로 개발됐지만, 많은 실험이 요리책 조리법과 같이 과정을 따라서 수행하는 방식으로 운영되고 있어 학생들에게 의미 있는 탐구 교육의 성과를 제공하지 못하고 있다(Bell *et al.*, 2003; Hodson, 1982; Wellington, 1998). 탐구 활동이 학생 주도가 아닌 교사 주도로 진행되는 경우가 많고(Zion *et al.*, 2004), 교과서에 제시된 실험 활동도 실제 수행이 잘 안 되는 경우도 많다(Lee & Lee, 2018).

특히 학생과 교사들은 자유 탐구를 수행하는 과정에서 큰 어려움을 겪고 있다. 2007년 개정 교육과정에서 초, 중학교에 '자유 탐구'가 도입된 이래 많은 교사들이 자유 탐구 지도에 어려움을 나타내었다(Kim *et al.*, 2010). 이후 교육과정 개정(2009, 2015 개정 교육과정)에서는 '자유 탐구'가 명시적으로 포함되지 않았지만, 대학 입학 전형에서 수시모집의 학생부종합전형이 증가하면서 학생들의 연구역량을 보여주는 활동으로 많은 고등학교에서 학생들의 자유탐구 활동을 장려하였다. 과학 중점학교를 비롯한 많은 학교에서 전문교과로 '과학 과제연구' 교과목을 개설하였으며(Son *et al.*, 2018), 동아리활동이나 과학논문발표대회, R&E (Research & Education) 등과 같은 비교과 활동을 통해 학생들의 자유 탐구 활동이 급격히 증가하였다.

학생들이 자유 탐구를 수행하는 과정에서 느끼는 가장 큰 어려움은 무엇을 탐구할 것인지를 정하는 '문제 발견' 단계와 관련이 있다(Cheon & Lee, 2018; Kim & Ha, 2019; Lee, 2013). 그동안 과학교육에서 문제해결에 큰 관심을 가져왔지만, 문제발견에는 많은 연구가 진행되지 못했다. 대학생(예비교사 포함)(Park, 2005)이나 영재(Ryu & Park, 2008)에 대한 연구가 주를 이루었고, 중등학생을 대상으로는 일부의 연구(Cheon & Lee, 2018)에 제한적으로 진행되어 왔다.

이처럼 학생들은 자유 탐구를 진행함에 있어 출발 단계부터 큰 어려움에 처해 있지만, 교사의 적절한 도움을 기대하기는 쉽지 않은 실정이다. 교사도 탐구 지도의 경험이 많지 않고, 여러 분야의 탐구를 지도하는 데의 어려움도 있다. 무엇보다도 한 명의 교사가 담당하는 학생 수가 많다는 점이 탐구 지도의 가장 큰 어

려움이다. 다수의 학생을 지도하기 위해서 일반적이고 포괄적인 지도를 할 수밖에 없어 학생들의 개별적인 탐구에 대한 구체적인 지도가 이루어지기 어렵다(Cole, Coats, & Lentell, 1986). 학생과 교사의 관계는 수직적 위계를 나타내기 때문에 어떤 학생들은 교사에게 쉽게 도움을 요청하지 못하는 경우도 있다.

이에 본 연구에는 자유 탐구 활동에서 학생들 상호간의 상호작용을 통해 다른 모둠의 탐구를 수정할 수 있는 비판적 의견을 제시하는 활동을 적용하였다. 학생들의 자유 탐구는 과학자들이 수행하는 연구의 과정을 학생 수준에서 수행하는 것이다. 과학자들의 연구는 그들이 발견한 결과를 발표하고 다른 과학자들의 비판을 통해서 완성된다(Kim & Song, 2004). 탐구 주제를 정하고 실험을 수행하여 결론을 이끌어내는 과정 못지않게 그 결과와 해석한 내용을 다른 사람에게 설득하는 의사소통 과정이 탐구에서 매우 중요하다. 2015 개정 과학과 교육과정에서 '과학적 의사소통능력'을 5개 핵심역량 중 하나로 설정한 이유이다. 본 연구에서 학생들이 수행하는 비판적 의견제시 활동은 탐구 수행과정에서 다른 사람들과의 의사소통의 경험을 갖게 할 수 있을 것이다.

다른 사람이 수행한 탐구에 대해 비판적 의견을 제시하는 활동은 '과학 탐구 토론'에서 수행하는 활동과 유사하다(Lee & Lee, 2004). 탐구 토론이란 과학에서 수행하는 토론 활동 중 하나로 '국제청소년물리토너먼트(International Young Physicists' Tournament; IYPT)'에서 시작한 토론 활동이다. IYPT에서는 열린 문제에 대한 탐구를 바탕으로 발표, 반론, 그리고 평론의 형식으로 토론을 진행하는데 이때 다른 사람들이 수행한 탐구의 결과에 대한 반론과정에서 문제 이해 및 해결 방법에서의 장단점을 지적하고, 발표의 정확성과 오류에 대해 비판하는 활동을 수행한다. 탐구 토론의 반론과정에서 제시하는 비판적 의견은 다른 사람이 완료한 탐구의 문제점을 지적하는 경쟁 활동인 것에 반해, 본 연구에서 진행되는 비판적 의견제시 활동은 계획 혹은 진행 중인 탐구에 대해 의견을 제시하여 탐구를 수정할 수 있는 방향을 제시해준다는 점에서 차이가 있다.

본 연구에서는 학생들이 다른 학생이 계획하고 수행한 탐구에 대해 제시한 비판적 의견이 어떤 내용을 제시하는지 분석함으로써 소그룹 탐구에서 비판적 의견 제시 활동의 적용과 관련된 교육적 시사점을 얻고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

다른 학생의 탐구 계획에 대한 비판적 의견과 탐구 결과에 대한 비판적 의견은 어떤 내용으로 구성되어 있으며, 그 차이는 무엇인가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 강원도 소재 W고등학교의 2개 학급 41명의 학생을 대상으로 하였다. W고등학교는 강원도형 과학중점학교로 2실 규모의 과학실 4개가 갖추어져 있어 학생들이 자유 탐구를 수행하기에 적합한 인프라를 갖추고 있다. 과학중점과정을 선택한 학생은 전문교과 2개를 이수할 수 있어, 정규 수업 시간으로 ‘과학 과제연구’를 수강하고 있다. 1학기에는 주당 2시간의 연차시 수업으로 미세먼지를 주제로 한 자유 주제 탐구 활동을 수행하면서 과학 연구 과정을 익혔다. 이후 2학기에는 관심이 비슷한 학생 3~4명이 모둠을 이루어 자유 탐구를 수행하였다. 학생들이 수행한 탐구 주제는 Table 1과 같다. T06 모둠은 탐구과정 중에 탐구 주제가 변경되었고 다른 모둠은 처음 선택한 주제를 계속 진행하였다. 탐구의 원활한 진행을 위해 학생들에게는 노트북과 모둠별 20만 원의 재료비 지원이 이루어졌으며, 방과 후에 과학실을 개방하여 학생들이 자유롭게 탐구를 수행할 수 있도록 하였다.

2. 소그룹 자유 탐구 및 비판적 의견 제시 활동

소그룹 자유 탐구에서 비판적 의견 제시 활동을 적용한 수업의 과정은 Figure 1과 같다. 학생들은 주제

를 탐색하는 과정부터 최종 연구 결과를 발표하는 과정까지 수행하였다. 학생들 개인의 관심 분야가 비슷한 학생들끼리 모둠을 구성하기 위해 관심 분야의 논문 또는 과학 탐구 산출물을 선정하여 리뷰하도록 지도하였고, 같은 분야의 관심을 가진 3~4명의 학생을 한 모둠으로 구성하여 총 13 모둠이 자유 탐구를 수행하였다. 모둠 내 학생들은 공통 관심 분야의 탐구 주제를 탐색하여 탐구계획서를 제출하였고, 탐구 계획에 대한 비판적 의견 제시 활동을 적용하였다. 학생들이 제출한 탐구계획서를 합본하여 41명의 학생에게 배부하였고, 학생들은 각 탐구 계획에 대한 의견을 적어 제출하도록 하였다(예시: Figure 2). 학생들이 제시한 의견을 탐구주제별로 분류하여 해당 연구 모둠에게 제공하였으며, 각 모둠의 학생들은 다른 학생들이 제시한 의견에 대해 모둠원끼리 협의하여 어떻게 반영할 것인지를 결정한 반영계획서를 제출하였다(예시 : Figure 3).

이후 학생들은 최종보고서 제출 2주 전에 연구 상황과 결과를 모아 중간 보고서로 제출하였다. 이를 대상으로 2차 비판적 의견 제시 활동을 적용하였는데, 1차 의견 제시 활동에서 개인별로 피드백을 제시하도록 한 것과 다르게 2차 의견 제시 활동은 학생들에게 다양한 경험의 기회를 제공하기 위해서 모둠별로 실시하여 모둠 내 학생들이 서로 협의하여 피드백 의견을 제시하도록 했다.

Table 1. Inquiry themes of small group inquiry

모둠	학생수	탐구 주제
T01	3	조적식 건물의 개구부 및 벽체 보강재의 내진 효과
T02	3	차량 정체 시뮬레이션을 이용한 차량정체 요인 탐구
T03	3	수력 발전에 대한 효율성 탐구 및 간이 수력발전기 제작
T04	3	환경에 따른 점탄성 매질의 차음력에 대한 연구
T05	3	재료에 따른 친환경 방부제 효능
T06	3	조증에 대한 탄산리튬의 효과 연구 → (변경)아스피린 수득률 증가 요인 탐구
T07	3	근전도 센서를 이용한 근육보조기구제작과 근육의 운동 원리 탐구
T08	3	염료 감응형 태양전지의 효율 증진 방안 & 실생활 적용 방안 탐구
T09	3	유체의 운동에서의 평균 전단력의 크기 비교
T10	3	소금물 농도에 따른 라이덴프로스트 효과 변화온도차이
T11	4	대체 식량'밀웜'의 성장 속도와 스티로폼 분해 속도
T12	4	곰팡이의 환경 변화에 따른 증식률 변화
T13	3	자동차 범퍼의 모양과 재질에 따른 충격력 변화

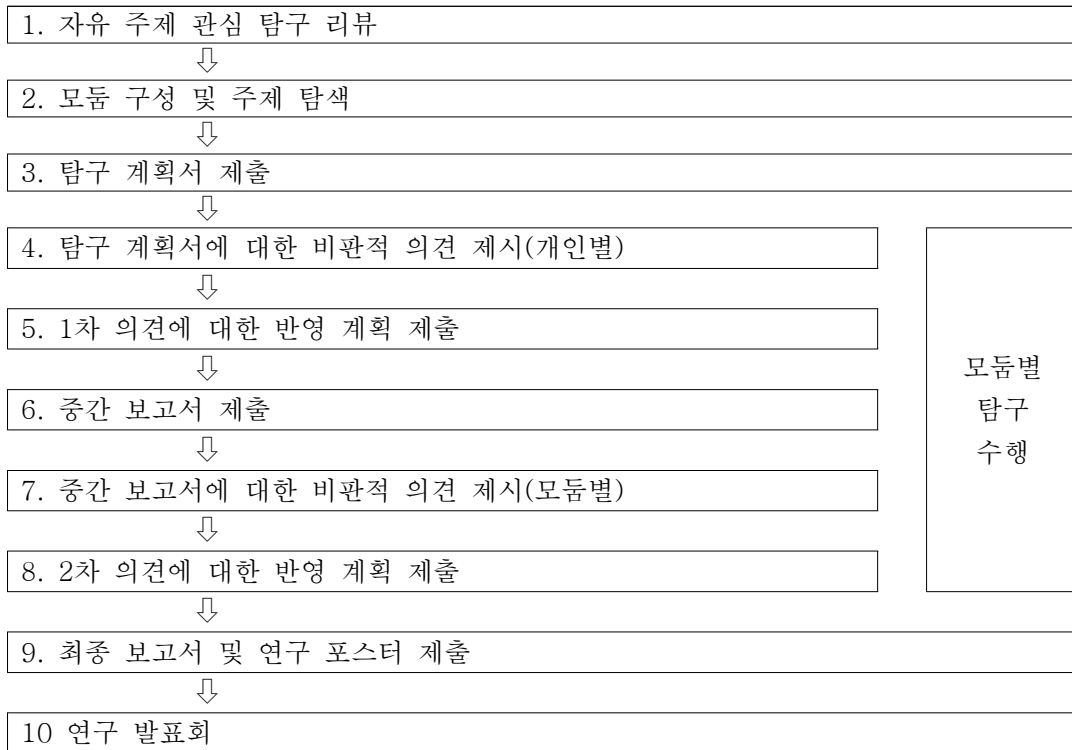


Figure 1. Process of small group inquiry activity

과제연구 상호 피드백 활동			
		학번	이름
		○○○	○○○
연번	연구과제명	연구팀	피드백 내용
1	자동차 범퍼의 모양과 재질에 따른 충격력 변화	베어링	자동차 범퍼 모양을 변화시킬 때, 밀도를 같게 한다면 질량이 달라질 수 있고, 질량을 같게 한다면 밀도가 달라질 수 있다. 그리고, 모양이 아닌 이 두 가지 변인이 결과값에 영향을 미칠 수 있다. 두 변인 모두를 충족시키기는 힘들 것이기에 팀원 간의 의견조율을 통해 이 문제를 해결 가능한 특정한 기준을 마련하는 것이 좋을 것 같다. 최종적으로 연구에서 얻은 결과와 실제 시중에서 팔고 있는 자동차들의 범퍼 특성의 비교를 통해 이미 여러 회사들이 이러한 노력을 진행 중인지, 아니면 이러한 노력이 추가로 필요한 지에 대해 시사해 준다면 더 좋은 비교가 될 것 같다.
2	곰팡이의 환경 변화에 따른 증식을 변화	ASSEMBLE	눈으로만 확인해서는 곰팡이의 증식 정도, 제거 정도를 파악하기 힘들다. 그렇기에 최대한 원의 형태로 곰팡이를 증식시키고 특정한 높이에서 곰팡이를 배양한 패트리 접시를 찍음으로써 차지하는 넓이를 전후로 비교하여 곰팡이의 증감율을 비교하는 것이 효과적일 것 같다.
3	대체 식량 '밀웜'의 성장 속도와 스티로폼 분해 속도에 관한 연구	슈퍼밀웜들	연구 동기 및 목적 '나'에 밀웜은 이산화탄소를 배출한다고 나와있다. 이산화탄소는 지구온난화의 주원인 기체 중 하나로 배출량을 감축하는 것이 좋다. 별도의 실험으로 밀웜 몇 마리가 몇 시간 동안 얼마나 많은 양의 이산화탄소를 내보내는지 알아봄으로써 그 배출 정도를 파악해 이산화탄소의 배출량이 적다면 그에 대한 효용성을, 이산화탄소의 배출량이 조금 많다면 밀웜으로 인해 생길 수도 있는 문제에 대해 제기함으로써 환경까지 고려한 좀 더 가치있는 논문이 될 것 같다.

Figure 2. Example of critical opinion activity

과제연구 상호 피드백 결과(1차)		
연구명	염료 감응형 태양전지의 효율 증진 방안 & 실생활 적용 방안	
연구팀	동영배	
연번	피드백 내용	연구 반영 계획 or 디펜스
1	실험 가. 에서 은 나노 입자 코팅 유무에 따른 변화를 실험하는 것보다 은 나노 입자를 포함한 금 나노 입자 등 다른 금속 코팅을 추가하여 실험하고, 제일 좋은 결과를 가진 금속을 다음 실험에 쓰는 것을 추천한다.	좋은 말씀 감사합니다. 그러나, 저희의 준비물에는 금 나노 입자 등 다른 나노 입자들을 합성하는 재료는 포함되어있지 않기 때문에 학교 실험실에 있는 재료 중 다른 나노 입자를 합성할 수 있는 재료가 있다면 고려해보도록 하겠습니다. 감사합니다.
2	각각의 실험에서 TiO2 mortar를 얇게 바르다 했는데 두께를 정확히 어느정도로 할지 기준이 필요하다.	TiO2를 바르는 이유는 TiO2가 광촉매 역할을 하여 전극을 만들어 줄 수 있기 때문입니다. TiO2의 두께가 18 μ m이상이 되면 그때부터 광분해 효율이 낮아진다고 하는데 저희 입장에서는 표면에 이 두께보다 두껍게 TiO2 mortar를 바를 수 밖에 없습니다. 그리고 실제로 광분해 효율을 높이는 것은 mortar를 넓게 발라주는 것이기 때문에 mortar를 바르는 법을 일정하게 해주고 육안으로 봤을 때라도 최대한 얇게 퍼준다면 효율에 큰 차이는 없을 것으로 보입니다. 찜찜한 부분이 있으실 수도 있겠지만 저희 입장에서는 이게 최선입니다. 죄송합니다.
3	태양전지의 경우 온도가 높으면 효율이 줄어든다고 하는데 이 실험에서 효율을 비교할때 온도를 유지하거나 하는 등 온도를 고려해 봐야 할것 같다.	좋은 말씀 감사합니다. 그런데, 염료 감응형 태양전지는 실제 태양전지와는 당연히 다른 성질을 가질 것입니다. 그래도 실제로 온도를 조절하여 전지의 전기 전도도가 온도의 영향을 받는지에 대해 확인해보도록 하겠습니다. 감사합니다.
4	조사한 결과에 따르면, 이 염료 감응형 태양전지에서는 이산화티타늄이 가시광선 영역의 빛을 대부분 흡수하지 않아서 가시광선을 흡수할 수 있는 염료를 이산화티타늄에 흡착시켜 사용하는 것인데, 실험(가)에서 염료를 단 두방울 떨어뜨려서 가시광선 영역의 빛을 충분히 다 흡수할 수 있을지 궁금증이 든다. 은 나노 입자 코팅 유무에 따른 전압 값 차이를 더 확연하게 보기 위해서 염료를 더 사용해 가시광선을 더 많이 흡수하면 좋지 않을까 싶다.	좋은 말씀 감사합니다. 만약, 저희가 원하는 값보다 현저히 낮은 수치의 전기 전도도가 나온다면 실제로 염료를 더 많이 사용했을 때 전기전도도가 올라가는지 확인해보도록 하겠습니다. 그리고, 올라간다면 이를 적용해 연구에 임하겠습니다. 감사합니다.

Figure 3. Example of a revision plan for critical opinions

3. 분석 방법

분석에 사용한 자료는 학생들이 작성한 탐구계획서, 중간 보고서, 최종보고서, 비판적 의견제시 활동지(1차, 2차), 비판적 의견에 대한 반영계획서(1차, 2차) 등이다. 계획서와 보고서(중간, 최종)를 비교하며 변경된 내용을 추출하고 이를 반영계획서와 비교하여 수용된 피드백을 추출하여 자유 탐구의 변화 과정을 확인하였다.

또한, 두 차례의 비판적 의견 제시 활동에서 학생들이 작성한 의견을 내용별로 구분하였고, 이를 과학적 탐구과정을 토대로 한 귀납적인 방법(analytic induction)을 활용하여 작성한 분석 범주로 분석하였다(Miles, Huberman, & Saldaña, 2014). 학생들의 탐구 과정의 순서에 맞게, ‘문제인식 및 가설 설정’, ‘탐구 설계’, ‘탐구 결과 및 결론 도출’ 등의 영역으로 구분하였고, 보고서 작성과 관련된 내용과 안전 유의 사항은 별도로 분류하였다. 각 영역은 2개~7개의 세부 범주로 분석하였는데, ‘문제 인식 및 가설 설정’ 영역은 ‘연구의 적절성’, ‘가설 및 연구 문제의 타당성’, ‘연구 문제 수정 및 추가’, ‘선행 연구 분석’ 등으로 분류하였고, ‘탐구 설계’ 영역은 ‘연구 대상 및 조건’, ‘측정 방법’, ‘변인 통제’, ‘실험 도구 및 재료’, ‘탐구 진행상 예상되는 어려움’, ‘실험 오차’, ‘연구 진행 가능성’ 등으로 분류하였다. ‘연구 결과 및 결론 도출’ 영역은 ‘결과 해석’, ‘결론 도출’, ‘연구의 한계’, ‘활용 방안 및 시사점’ 등으로 분류하였다. 또한, 보고서 작성은 ‘첨삭 및 추가 서술’, ‘시각적 자료’ 등으로 분류하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 탐구계획서에 대한 비판적 의견 분석

41명의 학생이 자신의 탐구를 제외한 다른 모둠의 탐구계획서 12개에 대해서 제시한 의견은 총 595개로 1명의 학생이 14.5개의 의견(탐구 1개당 1.2개의 의견)을 제시하였다. 탐구 과정을 토대로 분석한 결과를 Table 2에 제시하였다.

‘문제인식 및 가설설정’ 영역에 대한 의견은 모두 195개(32.7%)였다. ‘문제인식 및 가설설정’ 영역에 대한 의견 중 ‘연구의 적절성’에 대한 의견은 28개(4.7%)가 제시되었는데, 구체적인 사례 몇 가지를 제시하면 다음과 같다.

- 실험에 쓰려는 재료들이 이미 곰팡이 활동을 억제하는 효능이 있다고 했고, 이 실험에서 만드는 방부제보다 시중에 있는 방부제가 더 효과가 좋을 것으로 생각하는데 이 실험을 통해서 새롭게 무엇을 알 수 있을지 궁금하다. (T12-A → T05)
- 해당 연구를 건축물에 사용한다고 했는데, 해당 연구에서 실험하는 대상들은 건축에서의 활용이 거의 불가능하다. (T01-A → T08)

T12모듬의 A학생은 이미 연구 결과가 명확하게 예상되는 연구 주제에 대해 비판적인 인식을 갖고 연구의 적절성에 대한 의견을 제시했고, T01모듬의 A학생

Table 2. Analysis result of students' critical opinions on inquiry plan

분석 범주		의견 수	소계
문제인식 및 가설설정	연구의 적적성	28 (4.7%)	195 (32.7%)
	가설 및 연구 문제의 타당성	52 (8.7%)	
	연구 문제 수정 및 추가	85 (14.3%)	
탐구 설계	선행 연구 분석	30 (5.0%)	328 (55.0%)
	연구 대상 및 조건	92 (15.4%)	
	측정 방법	44 (7.4%)	
	변인 통제	89 (14.9%)	
	실험 도구 및 재료	31 (5.2%)	
	탐구진행상 예상되는 어려움	39 (6.5%)	
	실험 오차	8 (1.3%)	
	연구 진행 가능성	25 (4.2%)	
탐구 결과 및 결론 도출	결과 해석	2 (0.3%)	4 (0.6%)
	결론 도출	0 (0.0%)	
	연구의 한계	0 (0.0%)	
	활용 방안 및 시사점	2 (0.3%)	
보고서 작성	첨삭 및 추가 서술	53 (8.9%)	68 (11.6%)
	시각적 자료	0 (0.0%)	
안전 유의사항		15 (2.5%)	15 (2.5%)
합계			595 (100.0%)

은 실용화를 목적으로 하는 탐구에 대해서 실행가능성이 낮아 연구의 결과만으로는 연구의 목적을 달성할 수 없다는 비판적인 의견을 제시하였다.

‘가설 및 연구문제의 타당성’에 대한 의견은 총 52개(8.7%)가 제시되었는데, 그중 18개의 의견은 T06 모둠의 탐구에 대한 피드백이었다. T06 모둠은 탄산리튬 투여를 통해 사람의 조증 완화 정도를 알아내겠다는 연구목표를 세우고 물벼룩에 탄산리튬을 투여한 후 심장박동 횟수를 측정하겠다는 실험을 설계하였는데, 많은 학생들이 물벼룩 실험과 사람의 조증 연구의 상관성에 대한 비판적인 의견을 제시하였다. T06 모둠은 다른 학생들의 피드백을 반영하여 1차 의견 제시 활동 이후에 ‘아스피린 수득률 증가 요인 탐구’로 주제를 변경하였다.

‘연구 문제 수정 및 추가’는 ‘문제인식 및 가설설정’ 단계와 관련된 의견 중 가장 많은 의견이 제시된 항목으로 총 85개(14.3%)의 의견이 제시되었다. 앞에서 연구 문제의 타당성에 대해 많은 의견이 제시된 T06의 탐구에 대해서는 1개의 의견만 제시되었고, 다른 탐구에 대해서 비교적 고르게(평균 7개) 의견이 제시되었다. 학생들은 비판적 의견 제시 활동에서 다른 탐구의 문제점을 찾아내려고 노력을 많이 하였는데, T06의 탐구와 같은 명확한 문제점을 발견하지 못하면 다음의 예시와 같이 추가로 해볼 만한 연구 문제에 대한 아이디어를 제시하곤 했다.

- 실제 건물의 경우 건물의 무게 자체만 견디는 것이 아니므로 건물에 무게추를 올려 수직하중과의 연관성을 알아보면 좋을 것 같다. (T10-A → T01)
- 날개 모양 말고도 날개가 설치된 각도에 따른 효율을 구해보는 실험을 하면 좋을 것 같다. (T06-C → T03)
- 소금물의 농도 외에 조건들을 활용한 실험이나 소금물이 아닌 다른 물질을 사용하여 실험을 추가하면 좋겠다. (T05-A → T10)

‘선행연구 분석’과 관련된 의견은 30개(5.0%)가 제시되었는데, “탐구 동기나 과정은 좋은데, 교통문제를 해결하기 위해서는 우리나라 교통상황, 신호 체계에 대한 심도 있는 공부가 수반되어야 할 것이다(T07-B → T02)”와 같이 선행연구를 분석한 내용이 없거나 배경 지식에 대한 이해도가 부족하다는 의견이 많았다.

학생들의 의견 중에서 가장 많은 의견이 제시된 부분은 ‘탐구 설계’ 영역에 대한 의견으로 총 328개로 전체 의견의 55.0%가 제시되었다. ‘탐구 설계’에 대한 의견 중에서 가장 많은 의견이 제시된 항목은 ‘연구 대상 및 조건’으로 총 92개(15.4%)의 의견이 제시되었다. T02, T11, T12, T13의 탐구 주제에 각각 19개, 10개, 12개, 12개의 의견이 제시되어 특정 주제의

연구에 의견이 집중되었다. 4개의 모둠에 제시된 ‘연구 대상 및 조건’과 관련된 피드백의 일부를 제시하면 다음과 같다.

- 경사도도 추가하여 실험에 넣으면 좋을 것 같다. (T09B → T02)
- 가능하면 차량이 끼어드는 것을 생각해 집어넣으면 좋을 것 같다. (T07C → T02)
- 스티로폼도 여러 종류가 있다. 한 가지 스티로폼 말고 여러 종류의 스티로폼도 함께 추가 실험을 하여 밀림이 어떤 종류의 스티로폼을 잘 분해하는지 알아보는 것도 좋을 것 같다. (T04-A → T11)
- 곰팡이의 종류에 따라 살아갈 수 있는 환경이 다르므로 이 실험의 경우 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 곰팡이 3종류를 골라서 실험해 결과를 얻는 것이 더 좋아 보인다. (T10C → T12)
- 범퍼 모양에 따른 충격력 차이 실험에서 원, 직사각형 뿐만 아니라 실제 차량의 범퍼와 비슷한 형태의 범퍼로 실험하는 것도 추가하면 좋을 것 같다. (T11-C → T13)

T02 모둠은 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 차량 정체의 원인에 관해 탐구해보겠다는 연구였고, T13은 MBL 장치와 프로그램을 활용하여 자동차 범퍼의 조건에 따라 달라지는 충격력을 탐구하겠다는 연구였다. 학생들은 컴퓨터 프로그램을 이용하여 실험하는 것이므로 다양한 조건 설정이 쉽고 반복적인 실험이 쉬울 것으로 판단하여 많은 피드백을 제시하였다. 또한 T11, T12 모둠의 탐구 주제는 각각 ‘밀림의 성장 속도와 스티로폼 분해 속도’, ‘곰팡이의 환경 변화에 따른 증식을 변화’이었다. 이들 탐구는 관찰을 통해 연구 결과를 얻어내는 공통점이 있었는데 많은 학생들이 추가적인 관찰을 요구하면서 ‘연구 대상 및 조건’과 관련된 피드백이 많이 제시되었다.

‘측정 방법’에 대한 의견은 모두 44개로 “피드백 내용을 생각하던 도중 곰팡이 배지를 적절한 습도를 유지해 주며 기계를 이용하여 곰팡이가 형성한 집단별로 곰팡이의 양을 비교한다고 친구들이 말해주었다. 그러나, 이 부분에서 곰팡이가 형성한 집단별로 구분하는 것보다는 질량이나 부피를 측정하여 비교하는 것이 더 효율적일 것이다. (T06-B → T05)”, “TiO₂ 쪽에 형광등 불빛을 비추 후 멀티미터로 전압을 측정한다고 나와 있는데 이 과정에서 TiO₂ 판을 수평계를 이용하여 정확한 수평을 만들고 형광등 불빛을 비추게 한다는 과정을 추가하면 정확한 값을 도출하는데

도움이 될 것이다. (T06-B → T05)” 등의 예와 같이 구체적인 대안을 포함하여 제시한 의견이 많이 발견되었다.

‘탐구 설계’ 중에서 두 번째로 많은 의견이 제시된 영역은 ‘변인 통제’로 총 89개(14.9%)의 의견이 제시되었다. ‘변인’이란 독립 변인(조작 변인), 종속 변인, 통제 변인 등을 말하는데, 특히 통제 변인과 관련된 의견들이 많이 있었다. 통제 변인은 실험을 수행할 때 일정하게 유지시키는 잠재적인 변인이다. 학생들은 조작 변인을 제외한 다른 모든 조건들을 동일하게 유지해야 하는데 이 부분에서 잘못 설계하는 경우가 많이 있다. 통제 변인과 관련된 의견의 일부를 예로 제시하면 다음과 같다.

- 연구(가)와 (다)를 진행할 때, (가)에서는 보강재의 모양은 다르게 하나, 사용하는 보강재의 질량을 같게 하여 변인을 통제하고, (다)에서도 보강재의 모양은 다르나 사용하는 질량이 같도록 해서 변인을 통제하는 과정이 들어가면 더 좋지 않을까 싶다. 연구 (나)에서는 사용하는 보강재의 질량을 따라 맞춤 경우 철제 와이어와 파인우드의 사용하는 부피의 차이가 커지므로 여기에서는 (가), (다)와 달리, 사용하는 각각 재료들의 부피를 일정하게 맞추어 변인을 통제하는 것이 좋을듯하다. (T11-B → T01)
- 연구 방법 (라)에서 가장 실험 결과를 변하게 만들 수 있는 요인은 물의 속력인데, 같은 높이에서 물을 떨어뜨렸을 때는, 중력의 영향을 가장 많이 받아서 속력이 높은 90°에서의 날개가 받는 충격량이 가장 클 것이다. 각도에 따른 탐구라면, 물이 날개에 도달했을 때의 속력을 모두 같게 맞추어 주어야 한다고 본다. (T11-B → T03)

일반적으로 과학 탐구의 과정은 통합 탐구 과정인 「문제 인식 → 가설 설정 → 변인 통제 → 자료 해석 → 결론 도출 → 일반화」 등의 순서로 진행된다. 이 중에서 ‘가설 설정’과 ‘변인 통제’가 실험 설계의 과정이라고 할 수 있다. 즉, 탐구를 시작하는 단계에서 변인을 어떻게 설정할 것인지가 매우 중요하다. 선행연구를 변형하여 탐구를 설계하는 활동을 분석한 연구에서도 변인(특히, 조작 변인)을 변경하는 것을 통해 탐구를 수정하는 경우가 많았었는데(Lee, 2021), 본 연구에서도 많은 학생들은 탐구 과정에서 변인 통제를 매우 중요하게 생각하고 이에 대한 의견을 제시하였다. 다만 조작 변인과 관련된 의견을 통해 다른 모

들의 탐구에 적극적으로 개입하는 것보다는 탐구를 진행하는 환경을 조절하는 통제 변인과 관련된 의견을 통해 소극적으로 개입하는 것을 볼 수 있었다. 탐구 설계 과정에서 조작 변인이 탐구 주제와 재료 등에 걸쳐 가장 큰 영향을 미친다는 것을 고려할 때, 조작 변인이 탐구 설계에서 미치는 영향에 대해 학생들이 인지할 수 있도록 할 필요가 있다. 또한 의견 제시 활동에서 조작 변인과 관련된 의견을 통해 탐구가 어떻게 변화할 수 있는지를 알 수 있도록 하면 더 의미 있는 피드백이 제시될 수 있을 것이다.

‘실험 도구 및 재료’와 관련된 의견은 31개(5.2%)가 제시되었다. 이 중 16개의 의견이 T01 모둠에 대한 의견이었다. T01 모둠은 조적식 건물 모형을 제작하고 벽체의 개구부에 보강재를 달리 삽입하여 내진 효과를 알아보겠다는 연구 계획을 세우면서 건물 모형에 지진을 구현하기 위한 실험 도구로 교반기를 사용하겠다고 계획하였다. 그런데 “교반기로는 실제 지진 규모의 진동을 만들 수 없다고 생각한다. 다른 방안을 찾아 지진을 만드는 것이 좋을 것 같다고 생각한다. (T06-C → T01)”, “시바툼과 벽돌을 가지고 조적식 건물을 만든다면 그래도 좀 단단할텐데 교반기가 그걸 어느 정도 무너뜨릴 수 있을 정도의 충격을 줄 수 있을지 의문이다. (T13-C → T01)” 등의 의견과 같이 교반기가 실험에 적합한 도구가 아니라는 의견이 다수 제시되었다.

‘탐구 진행상 예상되는 어려움’은 해당 모둠이 미처 생각하지 못해 실험을 수행하는 과정에서 겪을 수 있는 오류를 미리 예상하여 알려주는 것으로 총 39개(6.5%)의 의견이 제시되었고, 실험 오차에 대한 의견은 “물벼룩 한 마리로 실험을 끝내기에는 오차범위가 클 수 있으므로 여러 마리로 실험을 반복한 뒤 통계를 내는 것이 좋아 보인다. (T01-B → T06)”와 같이 반복적인 실험을 통해 오차를 줄여야 한다는 의견을 포함하여 총 8개(1.3%)가 제시되었다.

‘연구 진행 가능성’에 대한 의견은 각 모둠의 연구 계획 중 부분적으로 가능하지 않을 것으로 생각하는 실험이나, 시간이나 환경의 제약으로 연구목표를 달성하기 어렵다는 것을 지적한 것으로 총 25개(4.2%)가 제시되었다. 이 중 T03 모둠에 대해 6개의 의견이 제시되었는데, T03은 수력 발전기의 효율을 탐구하고 이를 이용하여 간이 수력 발전기로 보조 배터리를 충전하는 것을 시연하는 것까지 연구 문제로 설정하였다. 그런데 “간이 수력 발전기로는 발전량이 적어 보조 배터리를 충전하기가 힘들 것이다. (T11-B → T03)”의 의견과 같이 충분한 전력의 생산이 이루어지지 않을 것이라는 의견이 제시되었다. T07 모둠은 근전도 센서, 서보모터, 전도성 고무줄, 실리콘 등을 아

두이노로 제어하여 근육 보조 기구를 제작하겠다는 계획을 세웠는데, 13명의 학생으로부터 시간적, 환경적 제약으로 인해 탐구를 완료하기 어려울 것 같다는 다음과 같은 의견이 제시되었다.

- 고교 과정에서 가능할지 모르겠다. 간략히 서술해놓아서인지 어느 수준의 기술을 만들려는지 모르겠지만 엄청난 시간이 필요할 수도 있다. 더 심한 경우에는 엄청난 돈이 필요할 수도 있다. (T02-C → T07)
- 고교 수준에서 꽤나 벗어나는 내용이다. 많은 시간과 노력을 들여야 하는 연구이기에 되도록 빠르게 연구를 시작하길 바란다. (T09-C → T07)

이후 T07 모둠은 동료 학생들의 피드백을 수용하지 않고 탐구를 계속 진행하였지만, 최종 보고서 제출 마감일까지 근육 보조 기구를 완성하지 못하였다.

1차 비판적 의견 제시 활동은 탐구 계획에 대한 피드백을 제시하는 것이기 때문에 ‘탐구 결과 및 결론 도출’, ‘일반화’와 관련된 의견은 거의 제시되지 않았다. ‘보고서 작성’과 관련된 의견은 “전분으로 통 안에 필터처럼 만들어서 넣을 것인지, 벽에 바를 것인지 정확한 설명이 필요할 것 같다. (T02-A → T04)”와 같이 탐구계획서의 설명을 보완할 것을 요구하는 피드백이 주를 이루었으며 모두 53개(8.9%)의 의견이 제시되었다.

한편 ‘안전 유의사항’에 대한 의견은 15개(2.5%)가 제시되었다. “조심해야 할 점은 뜨거운 소금이 튀는 걸 조심해야 한다. 결과가 궁금하긴 하다. (T02-C → T10)”, “액화 질소에 패트리 접시를 넣으면 깨질 수도 있을 것 같다. (T11-D → T12)” 등과 같이 안전사고에 대한 주의를 제시하는 의견이 주를 이루었으며, “실제 약국에서 처방전이 없으면 탄산리튬을 처방받지 못하는 것으로 알고 있다. 실제 연구를 진행해도 이를 우리가 사용해도 괜찮은지 걱정되는데 우리가 이를 사용해도 문제가 없는지 안전성 면에서 확인해줬으면 한다. (T05-C → T06)”와 같이 학교에서 자주 사용하지 않는 약품을 사용함에서의 유의사항을 강조한 의견도 있었다.

2. 탐구 중간보고서에 대한 비판적 의견 분석

최종보고서를 제출하기 2주 전에 학생들로부터 탐구의 중간 과정까지를 정리한 중간보고서를 제출토록 했고, 모둠별로 12개의 보고서를 살펴보고 피드백 의견을 협의하여 제시하도록 했다. 2차 비판적 의견 제

시 활동에서 학생들의 의견은 총 233개가 제시되어 한 탐구당 19.4개의 의견이었다. 탐구 과정을 토대로 한 분석 결과를 Table 3에 정리하였다.

‘문제인식 및 가설설정’ 영역에서 총 38개(16.3%)의 의견이 제시되었고, ‘탐구 설계’ 영역에서 75개(32.2%)의 의견이 제시되었다. 탐구계획서에 대한 1차 의견 제시 활동에서 각각 32.7%, 55.0%의 의견이 제시된 것에 비하면 많이 줄어들기는 했지만, 비교적 많은 피드백 의견이 제시되었다고 볼 수 있다. 1차 의견 제시 활동에서는 탐구 설계 과정이기 때문에 ‘탐구 설계’에 대한 의견을 많이 반영하여 탐구를 수정할 수 있는 시간적 여유가 있었지만, 2차 의견 제시 활동은 탐구 종료를 얼마 남겨두지 않은 시점이었기에 좋은 의견을 제시해주더라도 반영하지 못하는 경우가 많았다. 2차 의견 제시 활동에서 ‘문제인식 및 가설설정’과 ‘탐구 설계’ 단계와 관련된 의견은 반영되지 못한 것을 인지할 수 있음에도 많은 의견이 제시된 것은 비판적 의견 제시를 통해 탐구를 개선하고자 하는 활동의 목적을 고려하였을 때 긍정적이지 못한 결과였다. 물론 탐구의 문제점을 비판적으로 제시하면 그 비판을 수용하거나 방어하는 과정에서 좀 더 완성

된 탐구가 될 수도 있다. 그렇지만 학생들이 제시한 비판적 의견이 어떻게 반영될 수 있을지를 고려하여 의견을 제시하도록 지도한다면 좀 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다. 비판적 의견 제시 활동은 단순히 상대방의 탐구를 비판하여 그 탐구의 문제점을 드러내는 것이 목적이 아니라 서로의 탐구에 도움을 주어 완성된 탐구로 발전해 가는 협력의 과정임을 인지하도록 할 필요가 있다.

학생들이 제시한 의견을 각 세부 범주별로 살펴보면, ‘가설 및 연구 문제의 타당성’에 11개(4.7%), ‘연구 문제 수정 및 추가’에 대해 15개(6.4%)의 의견이 제시되었다. 몇 개의 예를 제시하면, “곰팡이를 얼리고, 수분을 뺀 등 많은 실험을 하는데 이 실험으로 무엇을 할 수 있는지 아직 잘 모르겠다. 또한 목적이 곰팡이를 죽이는 것이라면 곰팡이를 죽이는 실용적인 방법들은 많다. (가설 및 연구 문제의 타당성: T04 → T12)”과 같이 연구 문제가 타당하지 않다는 의견을 제시하거나, “반응속도가 0.27초인 운전자의 수를 늘리며 알아보는 것도 좋을 것 같다. 실제 반응 속도는 한순간에 떨어지는 것이 아니므로 다양한 반응 속도를 넣어서 실험해 보는 것도 좋을 것 같다. 도로의 길

Table 3. Analysis result of students’ critical opinions on inquiry report

	분석 범주	의견 수	소계
문제인식 및 가설설정	연구의 적적성	0 (0.0%)	38 (16.3%)
	가설 및 연구 문제의 타당성	11 (4.7%)	
	연구 문제 수정 및 추가	15 (6.4%)	
	선행 연구 분석	12 (5.2%)	
탐구 설계	연구 대상 및 조건	25 (10.7%)	75 (32.2%)
	측정 방법	3 (1.3%)	
	변인 통제	19 (8.2%)	
	실험 도구 및 재료	7 (3.0%)	
	탐구진행상 예상되는 어려움	8 (3.4%)	
	실험 오차	13 (5.6%)	
	연구 진행 가능성	0 (0.0%)	
	결과 해석	15 (6.4%)	
탐구 결과 및 결론 도출	결론 도출	2 (0.9%)	33 (14.2%)
	연구의 한계	5 (2.1%)	
	활용 방안 및 시사점	11 (4.7%)	
	참삭 및 추가 서술	69 (29.6%)	
보고서 작성	시각적 자료	16 (6.9%)	87 (37.3%)
	안전 유의사항	2 (0.9%)	
합계			233 (100.0%)

이나 차량의 수에 따른 문제도 영향을 미칠 것이다. 차량정체의 많은 변인들을 어떻게 적은 변인으로 단순화할 수 있었는지 궁금하다. (연구 문제 수정 및 추가: T10 → T02)”와 같이 추가적인 실험을 제안하는 의견을 제시했는데, 연구의 종료 시점이 얼마 남지 않아서인지 피드백이 반영되지 않고 원래 진행했던 대로 탐구가 종결되었다.

‘탐구 설계’ 중에서는 ‘연구 대상 및 조건’에 대한 의견이 25개(10.7%)로 가장 많이 제시되었다. 주로 실험 대상을 수정 보완할 것을 권유하거나 다양한 조건을 추가하여 연구할 것을 제안하는 의견이었다. T01, T02의 탐구에 각각 9개, 8개의 의견이 제시되었다. T01의 탐구는 조직식 건물의 개구부 보강재에 따른 내진 효과를 확인하는 것이었는데, “건물들은 대부분 뼈대가 땅에 박혀 있는 상태라 진동을 더 많이 받는다고 생각한다. 그렇기 때문에 제작한 건축물을 진동판에 단단히 고정한 뒤 진동의 세기를 더 강하고 빠르게 한다면 가능하지 않을까 생각이 듭니다. (T07 → T01)”와 같이 탐구한 건물의 모형이 실제 건물과 다르다는 점을 지적하며 수정을 제안하는 의견이 많았다. T02의 탐구는 컴퓨터 프로그래밍을 이용하여 차량 정체 시뮬레이션을 제작하고 시뮬레이션 속 반응 속도가 느린 운전자를 추가하여 차량 정체 정도를 확인하는 것이었는데, “노년층 운전자의 문제는 반응 속도 뿐 아니라 공간인지능력, 시력과 청력의 문제 등 다양한 요인이 있다고 생각한다. 코딩에 대해서는 잘 모르지만 이러한 요인을 추가할 수 있다면 좀 더 정확한 논문이 될 수 있을 것이라 생각한다. (T05 → T02)”와 같이 추가적인 요인을 조건으로 포함할 것을 제안하는 의견이 많이 제시되었다.

‘변인 통제’와 관련된 의견도 19개(8.2%)가 제시되어 비교적 많은 의견이 제시되었는데, 조작 변인과 종속 변인과 관련된 의견이 각각 3개, 1개 제시되었고, 통제 변인에 대한 피드백이 15개가 제시되어 1차 의견 제시 활동에서와 마찬가지로 실험 수행시 통제 변인을 잘 조정해야 한다는 의견이 다수 제시되었다.

‘탐구 결과 및 결론 도출’ 영역과 ‘일반화’ 영역에서는 각각 17개(17.3%), 16개(6.9%)의 의견이 제시되었다. 1차 의견 제시 활동에서는 탐구 계획에 대한 피드백이었기에 결론 및 일반화와 관련된 의견이 없었던 것에 비해 2차 의견 제시 활동에서는 실험 결과의 해석과 ‘결론 도출에 대한 의견이 다수 제시되었다. 특히 ‘결과 해석’과 관련된 의견이 15개(6.4%), ‘활용 방안 및 시사점’에 대한 의견이 11개(4.7%)로 비교적 많이 제시되었다. 몇 개의 의견을 제시하면 다음과 같다.

- 그래프를 보면 각도에 따라서, 그리고 모양에 수차의 차이가 크게 나지 않는다. 만약 오차가 발생한 것이 아니라면 각도,모양이 수차에 영향을 끼치지 않는 것 같다는 생각이 든다. 이 부분을 다시 확인해보면 좋을 것 같다. (결과 해석: T05 → T03)
- 몇몇 액체들은 끓는 점이 더 낮음에도 불구하고 라이덴프로스트 효과 발생온도는 더 높았다. 이에 대해서 조사해줬음 한다. (결과 해석: T03 → T10)
- 상업적으로 밀웜을 기르는 방식도 비교해보면 어떨까 한다. 대조군으로 일반 상자에 방치하여 사육하는 방식을 넣었는데, 상업적으로 대량 사육하고 있는 시설의 환경을 조사해 조성하여 비교하면 일반화하기 용이하지 않을까 생각한다. (활용 방안 및 시사점: T01 → T11)

‘보고서 작성’과 관련한 의견은 모두 87개(37.3%)로 많이 제시되었다. 연구보고서의 표기 오류를 바로잡는 내용도 있었지만, “코딩에 대해 자세히 아는 사람이 아니라면 논문을 이해하기 힘들 것 같다. 명령어에 대한 간략한 설명이 포함된다면 실험의 목적과 내용을 이해하기 편할 것 같다. (T05 → T02)”, “straking이나 single colony 등 용어를 설명해주면 독자의 이해를 도울 수 있을 것 같습니다. (T12 → T05)” 등과 같이 논문의 내용을 이해하기 쉽게 추가로 설명을 요구하는 내용이 대부분이었다.

IV. 결론

본 연구에서는 고등학생의 소그룹 탐구 활동에서 학생들끼리 다른 모둠이 수행한 탐구의 계획 단계와 결과 단계에 대해 피드백을 제시하는 활동을 수행하였고, 그 결과를 분석하였다.

주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 탐구 계획에 대한 의견 제시 활동에서는 ‘문제인식 및 가설설정’ 영역에 대해 32.7%의 의견이 제시되었는데, 특히 ‘연구 문제 수정 및 추가’와 관련된 의견이 14.3%로 비교적 많은 의견이 제시되었다. ‘탐구 설계’ 영역에 대한 의견이 55.0%로 탐구 계획에 대한 비판적 의견으로는 가장 많은 비율로 제시되었다. 그 중 ‘연구 대상 및 조건’과 관련된 의견이 15.4%, ‘변인 통제’와 관련된 의견이 14.9%로 많이 제시되었는데, 변인 통제 중에서 조작 변인과 관련된 의견보다 통제

변인에 대한 의견이 많이 제시되었다. 변인은 탐구에서 매우 중요한 요소로 특히 조작변인이 탐구에서 차지하는 역할이 매우 크고 중요하므로 학생들이 조작변인과 관련된 사고를 많이 할 수 있도록 할 필요가 있다.

둘째, 탐구의 중간 결과에 대한 의견 제시 활동에서는 ‘탐구 결과 및 결론 도출’ 영역에 대해 14.2%가 제시되었고, 보고서 작성에 대한 의견이 37.3%로 가장 많이 작성되었다. 그러나 단순 침삭이나 추가적인 서술을 요구하는 낮은 수준의 의견이 많았다. 문제 인식 및 가설설정에 대한 의견이 16.3%, 탐구 설계에 대한 의견이 32.2%로 비교적 많이 제시되었는데, 탐구가 거의 종료되는 시점이기 때문에 이 의견들은 탐구를 수정하는데 많이 반영되지 못했다.

일반적인 자유 탐구와 본 연구에서 적용한 자유 탐구의 가장 큰 차이점은 학생들끼리 탐구에 대한 비판적 의견을 주고 받는다는 점이다. 학생간의 상호작용은 학생들끼리 서로 평등한 관계에서 자유롭게 다른 학생의 탐구(탐구 계획, 수행, 결과 해석 등)를 개선할 수 있는 조언 제시로 진행되었다. 보통 컨설팅이나 지도, 조언은 전문가에 의해 이루어지는 것에 반해 본 연구에서는 비슷한 수준의 학생들을 통해 진행된다. 따라서 평가의 주체에 학습자가 포함되어 그들의 피드백이 전문가인 교수자 수준의 것과 유사할 수 있는지에 대한 문제 제기가 있을 수 있다(Ballantyne, Hughes & Mylonas, 2002). 그렇지만 비판적 의견 제시 활동은 협력적 학습의 과정에서 학생 상호간에 피드백을 교환할 수 있고, 이러한 경험을 통해 학습자 자신에 대한 반성적 성찰의 기회를 제공하므로 훌륭한 학습 전략으로 작용할 수 있는 긍정적인 측면이 있다(Kollar & Fischer, 2010; Topping *et al.*, 2000).

다른 동료에 의해 제시되는 피드백이 자기 스스로 자기의 탐구를 검토하는 것보다 자신의 보고서를 수정하는 데 큰 역할을 할 수 있다(Nancy, 2009). 따라서 본 연구에서 적용한 비판적 의견 제시 활동은 다른 학생이 수행한 탐구에 대해 비판적으로 평가하여 수정 의견을 제시해주기 때문에 탐구의 완성도를 높이는 데 큰 역할을 할 수 있을 것이다. 실제로 본 연구에 참여한 학생들은 다른 학생의 피드백을 반영하여 탐구 계획을 수정하거나 보고서를 보완하여 더 완성된 형태의 탐구가 되도록 했다.

또한 학생들은 비판적 의견 제시 활동에 적극적으로 참여하면서 탐구에 대해 비판적으로 평가할 수 있는 능력을 갖추게 된다. 동료의 탐구 보고서(계획)에 대한 검토를 통해 자신의 탐구를 수정하는 과정에서 자신의 탐구를 더욱 비판적으로 생각할 수 있는 통찰

의 기회를 얻게 되고, 이에 자신의 탐구를 수행할 때에도 다른 학생이 지적할 수 있는 요인을 사전에 대처하는 과정을 통해서 좀 더 완성된 탐구를 수행하려는 자세도 가지게 되는 것도 추가적인 긍정적 측면이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 학생들이 제시한 의견이 어떤 탐구 요소와 관련되었는지에 대한 분석을 주로 진행했기 때문에 학생들이 제시한 의견이 다른 학생의 탐구에 어느 정도의 실질적인 도움을 주어 탐구가 개선되는데 영향을 주었는지는 분석되지 못했다. 비판적 의견 제시 활동이 탐구의 수준 향상에 어느 정도 기여했는지, 그리고 어떤 의견들이 긍정적인 영향을 주었는지에 대한 추가적인 분석 연구가 진행될 필요가 있다.

국 문 요 약

이 연구의 목적은 소그룹 자유 탐구에서 학습자들끼리 서로의 탐구에 대해 비판적 의견을 제시하는 활동에서 학생들이 제시한 의견을 분석하는 것이다. 41명의 학생들이 한 학기 동안 자유 탐구를 수행하면서 탐구 계획 단계와 종료 직전 단계에서 비판적 의견 제시 활동에 참여하였다. 두 차례의 활동에서 각각 595개, 233개의 피드백이 제시되었으며, 탐구 과정을 토대로 한 범주로 분석하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 탐구 계획에 대한 의견 제시 활동에서 ‘문제인식 및 가설설정’, ‘탐구 설계’ 영역에 많은 피드백이 제시되었는데, 특히 ‘연구 문제 수정 및 추가’, ‘연구 대상 및 조건’, ‘변인 통제’와 관련된 의견이 많았다. 둘째, 탐구 수행 결과에 대한 의견 제시 활동에서는 ‘보고서 작성’과 관련된 피드백 의견이 많았으며, ‘탐구 설계’ 영역에 대한 의견도 많이 제시되었다. 연구 결과를 바탕으로 학생의 소그룹 자유탐구에서 비판적 의견제시 활동의 적용과 관련된 시사점을 논의하였다.

주제어: 탐구, 자유 탐구, 비판적 의견, 피드백

References

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (2014). *The Australian*

- Curriculum*. Sydney, Australia: Author.
- Ballantyne, R., Hughies, K., & Mylonas, A. (2002). Developing procedures for implementing peer assessment in large classes using an action research process. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 27(5), 427-441.
- Bell, R., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? The impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Cheon, M., & Lee, B. (2018). Analysis of characteristics of scientific inquiry problem finding process in small group free inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(6), 865-874.
- Cole, S., Coats, M., & Lentell, H. (1986). Towards good teaching by correspondence. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 1(1), 16-22.
- Hodson, D. (1982). Is there a scientific method? *Education in Chemistry*, 19(4), 112-126.
- Kim, G., & Ha, M. (2019). Exploring the difficulties of high school students in self-directed scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(6), 707-715.
- Kim, H., & Lee, B. (2018). Analysis of the types of physics inquiries in science textbooks based on the 2015 revised national science curriculum. *New Physics: Sae Mulli*, 68(10), 1059-1068.
- Kim, H., & Song, J. (2004). The exploration of open scientific inquiry model emphasizing students' argumentation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1216-1234.
- Kim, H., Yoon, H., Lee, K., & Cho, H. (2010). Secondary science teachers' perception of 'Free inquiry' of the 2007 revised science curriculum. *Secondary Educational Research*, 58(3), 213-235.
- Kollar, I., & Fischer, F. (2010). Peer assessment as collaborative learning: A cognitive perspective. *Learning and Instruction*, 20(4), 344-348.
- Lee, B. (2013). Pre-service science teachers' difficulties in the 'Inquiry mentoring' program. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1300-1311.
- Lee, B. (2021). Analysis of the pre-service science teachers' strategies in an inquiry theme finding activity through a change of prior inquiry. *New Physics: Sae Mulli*, 71(5), 490-499.
- Lee, B., & Lee, S. (2004). Analysis of interaction pattern of the students in online discussion of physics investigation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(3), 638-645.
- Lee, S., & Lee, B. (2018). High-school physics teachers' difficulties in teaching textbook physics inquiries. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(4), 519-526.
- Lee, S., & Lee, B. (2019). Development of a science teacher in-service training program for improving physics inquiry teaching ability. *New Physics: Sae Mulli*, 69(4), 401-409.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2018). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Ministry of Education (1997). *National Science Curriculum* (No. 1997-15). Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education & Human Resources Development (2017). *National Science Curriculum* (No. 2007-79). Seoul: Author.
- Nancy M. T. (2009). Designing peer review for pedagogical success. *Journal of College Science Teaching*, 38(4) 14-19.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Park, J. (2005). Analysis of the characteristics and processes of the generation of

- scientific inquiry problems. *Sae Mulli*, 50(4), 203-211.
- Ryu, S., & Park, J. (2008). Analysis of the scientific inquiry problem generated by the scientifically-gifted in ill and well inquiry situation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 860-869.
- Shim, K., Park, J., Lee, K., Son, J., Moon, H., Park, J., Bae, M., So, Y., Ahn, S., Lee, S., Jeon, B., & Jho, H. (2018). *Science inquiry experiment*. Seoul: Visang.
- Son, J., Lee, B., Jho, H., Choi, J., & Sim, K. (2018). Analysis of organization of physics curriculum in science core schools. *New Physics: Sae Mulli*, 68(12), 1347-1355.
- Topping, K., Smith, F. F., Swanson, I., & Elliot, A. (2000). Formative peer assessment of academic writing between postgraduate students. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 25(2), 149-169.
- Department for Education (2015). *National curriculum in England: science programmes of study*. London, England: Author.
- Wellington, J. J. (1998). Practical work in science: time for a reappraisal. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science* (pp. 3-15). New York: Routledge.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, 88(5), 728-753.

저 자 정 보

손 유 라 (단국대학교 대학원생)

이 봉 우 (단국대학교 교수)