



동료평가가 초등과학영재의 개방적 탐구 개선에 끼치는 영향

김수연, 전영석*
서울교육대학교

The Effect of Peer Review to the Improvement of Gifted Elementary Science Students' Open Inquiry

Sue-yeon Kim, Youngseok Jhun*
Seoul National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 October 2016

Received in revised form

8 November 2016

7 December 2016

22 December 2016

Accepted 27 December 2016

Keywords:

open inquiry, peer review,
scientific communication

ABSTRACT

The purpose of this study is to figure out gifted elementary science students' improvement in performing open inquiry after peer review. In this study, gifted fifth-grade students performed open inquiry and review of each other as peers after the inquiry. Students' inquiries were evaluated and the influences of the feedback from the peer reviews were analyzed in relation to the inquiry performances. As a result of this study, three key points were discovered: First, the evaluation score increased with frequent feedback or long discussions. On the other hand, with less feedback, the evaluation score didn't rise. Second, there were three types of improvement in inquiry related to peer review: No. 1 was improvement after feedback given by themselves. No. 2 was reflection of feedback given to other groups. As a last type, No. 3 was that the students learned from other groups' presentation without any feedback and improved their inquiry. Third, there were five kinds of giving feedback; (1) feedback understanding the inquiry correctly, (2) insufficiency of peer's inquiry without deep thought. (3) on the usefulness of the inquiry, (4) on the scientific and logic validity through critical thinking, and (5) how to develop the inquiry. In these kinds of feedback, the fourth kind of feedback (4) occurred most frequently but the fifth (5) occurred rarely. It means peer review helps students develop their critical thinking ability and teachers should encourage students to give peers feedback of the fifth kind.

1. 서론

과학 탐구는 과학 교과를 다른 교과와 구분해주는, 가장 특징적이며 핵심적인 활동이다(Lunetta, 1997; Roth, 1995). 과학 탐구는 과학자들이 자연 세계를 이해하는 연구 과정과, 그 결과 알아낸 과학 지식을 다른 이들에게 증거를 기반으로 과학적인 설명을 하는 과정을 말한다. 또한 과학적 탐구는 학생들이 과학적 개념을 증진시키고 과학자들의 탐구 방법을 이해하기 위해 과학자들이 하는 연구와 본질적으로 같은 경험을 통해 학습하는 활동을 의미하기도 한다(CSMEE, 2000).

Schwab(1960)을 비롯해 Herron(1971), NRC(2000) 및 Bell *et al.*(2005) 등 많은 학자는 학생들의 과학적 탐구 활동을 학생의 주도성에 따라 분류하였다. 이들은 모두 학생의 주도성이 가장 큰 탐구를 수준이 높다고 평가하였으며, 특히 Bell *et al.*(2005)은 과학적 탐구를 학생 주도성 정도에 따라 확인 탐구, 구조화된 탐구, 안내된 탐구, 개방적 탐구로 분류하였다. 개방적 탐구에서 교사는 탐구 문제와 방법, 해결 답안에 대한 정보를 제공하지 않으며 학생들이 스스로 이러한 정보를 찾도록 한다. Bell *et al.*(2005)은 학생들은 개방적 탐구를 수행할 때 더 많은 학습 내용을 온전히 받아들일 수 있으며, 진정한

의미의 결정을 내리게 되고, 학생 스스로 의미를 구성할 수 있다고 하였다. 또한 Herron(1971) 역시 개방적 탐구의 중요성을 강조하며 교사가 학습활동을 모두 지시하고 학생이 이에 따르는 탐구 학습이 이루어진다면 학습자는 자율적인 학습의 기회를 잃게 된다고 하였다. 국내 연구로는 Lee & Kim(2010), Lee & Lee(2010), Bang *et al.*(2006), Park *et al.*(2001) 등이 직접 학생들에게 개방적 탐구를 지도한 결과, 학생들의 탐구능력 신장이 이루어졌다고 보고하고 있다.

개방적 탐구는 다른 유형의 탐구에 비하여 과학자들의 연구와 닮아 있고, 학생들에게 더욱 긍정적인 교육적 효과를 제공한다(Lee & Kim, 2010; Lee & Lee, 2010; Bang *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2001). 하지만 과학자들의 탐구를 좀 더 면밀히 살펴본다면 개인의 역량만으로는 완전한 연구가 이루어지지 않는다는 것을 알 수 있다. 과학자들은 연구를 통해 결론을 도출하는 데서 멈추지 않는다. 그들은 자신이 알아낸 과학적 지식과 그 연구 과정을 논문 등의 방법으로 발표하고 다른 과학자들의 비판을 받으며 대안적인 해석을 받아들이기도 한다(Kim & Song, 2004). 이러한 의사소통 과정을 거친 후에야 비로소 하나의 지식 주장은 과학적 지식으로 인정받을 수 있다. 이처럼 탐구 문제를 찾아 해결 계획을 세우고, 탐구를 수행하여 결론을 이끌어내는 과정 못지않게 그 결과와 해석한 내용을 다른 과학자들에게 설득하고, 과학 공동체의 합의를 이끌어내는 의사소통 역시 과학 탐구를

* 교신저자 : 전영석 (jhunys@snu.ac.kr)

** 이 논문은 김수연의 2016년도 석사학위논문에서 발췌 정리하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.6.0969>

구성하는 중요한 요소이다. 학생들은 동료평가 활동을 통하여 과학자들의 지식주장이 하나의 과학적 체계로 인정받기까지의 과학적 의사소통 과정을 경험할 수 있다(Nancy, 2009). 따라서 학생들에게 과학적 탐구의 본질을 의미 있게 경험하고 과학적 소양을 기를 수 있도록 과학 탐구 활동에서 동료평가 활동을 활용하는 것이 필요하다. 하지만 동료평가와 관련된 연구는 주로 국어와 영어 교육의 작문 영역에 국한되어 있는 실정이며(Chaudron, 1984; Kastr, 1987; Hedgecock & Lefkowitz, 1992), 과학 교육에서 이루어진 동료평가와 관련된 연구도 대부분 탐구적 과학 글쓰기 및 과학 학습 성취도 등에 관련된 연구들일 뿐(Lee & Kim, 2012; Cavagnetto *et al.*, 2010; Lee & Kang, 2008) 과학적 탐구 수행과 연관된 것은 드물다. 이에 본 연구에서는 영재교육원 과학분야 소속 초등학생을 대상으로 소집단 별 개방적 탐구와 동료평가를 진행한 뒤, 탐구 보고서와 이후에 다른 주제로 수행한 개방적 탐구의 내용을 동료평가 시 주고 받은 피드백과 비교 분석하여 동료평가 활동이 과학영재 학생들의 개방적 탐구 수행에 어떠한 영향을 미치는가에 관한 시사점을 얻고자한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

2015학년도 서울특별시 강서교육지원청 영재원 과학 분야에 소속된 20명은 모둠별로 개방적 탐구를 수행하고 이에 대하여 동료평가를 수행하였다. 본 연구에 참여한 학생들은 모두 초등학교 5학년으로, 남학생 16명, 여학생 4명으로 구성되었다. 각 모듬은 4명씩 총 5개의 모듬이었으며, 4월 초에 모듬을 구성하여 11월 영재원 종강까지 모듬 구성은 고정적으로 운영되었다. 따라서 개방적 탐구를 시작한 9월에는 모듬원들 간 관계형성이 모두 이루어져, 모듬원 간 의사소통에는 어려움이 없었다.

학생들은 모듬별로 토의하여 탐구 문제와 탐구 과정을 설계하였으며, 역할을 나누어 준비물을 준비하고 탐구를 수행하여 결과를 수집, 발표 자료로 편집하였다. 각 모듬이 하나의 개방적 탐구에 대해 발표한 뒤에는 다른 모듬의 학생들이 피드백을 제공하는 동료평가 활동을 수행하였다. 이 때, 학생들은 평가자와 피평가자의 역할을 번갈아 모두 경험하였다.

학생들의 이름은 모두 가명으로 기록되었는데, 가명의 구조는 “모듬 번호+모듬 내 무작위 번호”이다. 즉, 1조의 학생들 중 무작위 번호 1번 학생의 가명은 “1가”이다.

2. 자료 수집

연구대상 학생들의 원활한 탐구 활동을 위하여 교사는 1차시에 걸쳐 개방적 탐구의 개념과 종류, 양질의 개방적 탐구에 대하여 안내하였다. 이후 개방적 탐구는 3가지 대 주제로 이루어졌는데, 드라이아이스, 빛의 굴절, MBL을 활용한 탐구의 순서로 이루어졌다. 본격적인 개방적 탐구에 들어가기 전, 대주제에 대하여 탐색하기 위해 2차시에 걸쳐 안내된 탐구를 수행하였다. 이후 1차시 동안 토의를 통해 모듬별로 탐구하고 싶은 문제와 탐구 과정을 설계하고 역할 분담을 계획하였다. 계획에 따라 탐구에 필요한 준비물을 준비하여 일주일 뒤에는

Table 1. The progress of performing open inquiry and peer review

대주제 1. 드라이아이스	대주제 2. 빛의 굴절	대주제 3. MBL을 활용한 탐구
대주제 탐색을 위한 안내된 탐구		
탐구 문제 설정 및 탐구 과정 설계		
탐구 수행 및 결과 기록		
결론 도출 및 발표 자료 작성		
탐구 발표 및 동료평가		
탐구 보고서 작성		

2차시 동안 개방적 탐구를 수행하였으며, 탐구 결과를 기록하였다. 기록한

결과를 바탕으로 다시 일주일 동안 발표 자료를 만들고, 다른 모듬의 학생들 앞에서 발표하였다. 발표를 들은 학생들은 해당 모듬의 개방적 탐구에서 잘된 점은 칭찬하고, 아쉬운 점은 지적하였으며, 궁금한 점은 질문하는 등 피드백을 제공하였다. 발표 모듬은 이러한 피드백을 반영하여 일주일 동안 탐구 보고서를 작성 및 제출하면서 하나의 대주제에 대한 개방적 탐구는 마무리되었다. 이후에는 다른 대주제에 대하여 같은 과정을 반복하였다. 학생들의 개방적 탐구와 동료평가 과정은 Table 1으로 요약할 수 있다. 이후 초등과학영재교육 전문가 3인은 Kim *et al.*(2010)이 개발한 초등학생의 개방적 탐구 활동 평가 준거를 연구 상황에 적합하도록 수정하여 학생들의 개방적 탐구를 평가하였다. 본 연구에 사용된 검사도구의 평가 영역은 Table 2와 같다.

Table 2. The evaluation criteria for open inquiry activity of elementary school students(Kim *et al.*, 2010; modified)

대범주	하위 영역		
주제 및 동기	명확성		
	독창성 및 유용성		
이론적 배경	적합성		
	탐구 기구와 재료의 적합성 및 충족성		
탐구 방법	독창성		
	탐구과정	적합성	
		정교성	
		과학성	가설설정 변인통제
결과	기록의 정확성		
	자료 변환의 제시와 형식		
	자료 해석의 타당성		
결론	타당성		
	발전적 사고의 다양성		
참고문헌	체계성		
의사소통	용이성		

3. 자료 분석

가. 피드백의 빈도와 개방적 탐구 평가 점수 비교

학생들의 동료평가 활동을 녹음 및 전사한 뒤, 초등학생의 개방적 탐구활동 평가 준거표(Kim et al., 2010;)의 평가준거에 따라 학생들의 피드백을 분류하여 빈도를 계산하였다. 그리고 중간값인 9를 기준으로 피드백 빈도가 높은 평가 준거와 그렇지 않은 평가 준거를 분류하였다.

한편 평가준거별 평가 점수의 변화를 파악하기 위하여 초등과학영재교육 전문가 3인은 학생들의 개방적 탐구를 상(5점), 중(3점), 하(1점)의 평가척도로 평가하였고, 채점자간 신뢰도는 상관관계를 구하여 점검하였다. 본 연구에서 채점자간 신뢰도는 모두 .73~.86으로, 신뢰도가 확보되었다고 볼 수 있다. 평가 결과 채점자 3인 중 2인 이상이 이전의 탐구 보다 높은 점수를 준 경우에는 해당 탐구에서 해당 준거의 점수가 향상되었다고 보았다. 그리고 하나의 평가준거에서 5모둠 중 3모둠 이상이 점수가 향상되는 경우, 이전의 탐구보다 점수가 향상된 평가 준거로 보았다. 이 때 세 번의 탐구에서 모두 만점을 받은 경우는 점수가 향상된 것으로 분류하였다. 다만 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(변인통제)의 경우, 3모듬의 MBL을 활용한 탐구는 변인통제가 필요하지 않은 탐구문제였으므로 해당 점수를 무시하였다. 그리고 2모듬의 빛의 굴절 탐구에서는 빛의 각도를 촬영하기 위해 설치한 카메라의 위치가 통제되지 않아 탐구 결과를 측정하지 못하였기 때문에 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(변인통제)의 준거만 평가하고 결과 기록의 정확성과 자료 변환의 제시 및 형식, 결과분석을 위한 자료 해석의 타당성, 결론의 타당성은 평가하지 않았다.

나. 동료평가에 의한 개방적 탐구 개선 유형 분석

동료평가가 학생들의 개방적 탐구 수행에 영향을 미치는지 알아보기 위한 연구는 양적 분석과 질적 분석으로 이루어질 수 있다. 본 연구에서는 질적 접근을 통하여 구체적으로 학생들이 어떠한 피드백에 의하여 개방적 탐구 수행에 대해 학습하는지를 알아보고 이를 바탕으로 교사는 동료평가 활동을 지도함에 있어 보다 효과적인 지도방향에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

이를 위해 학생들이 개방적 탐구 수행 후 작성한 발표 자료와 동료평가 이후 작성한 탐구 보고서를 비교하는 한편, 처음 수행한 개방적 탐구와 다음 대주제로 수행한 개방적 탐구, 마지막 대주제의 개방적 탐구 발표 자료를 비교하였다. 그리고 동료평가 활동 중 주고받은 피드백을 참고하여 동료평가에 의해 개방적 탐구의 수행 혹은 탐구보고서가 개선된 구체적인 사례를 찾아보았다. 또한 초등과학영재가 어떠한 피드백의 영향으로 동료평가와 탐구 보고서를 개선하였는지 유형화하여, 동료평가에 의해 개방적 탐구에 대하여 학습하는 과정을 분석하였다.

다. 피드백 방식의 유형

동료평가 활동을 통해 학생들은 피평가자의 입장 뿐 아니라 평가자의 입장도 경험하게 된다. 피평가자의 입장에서 동료의 피드백을 비

관적으로 받아들이고 스스로의 탐구를 반성하는 경험을 통해 학습하게 된다. 한편 평가자의 입장에서는 동료의 탐구를 과학적이고 비판적인 사고를 통해 평가하고 자신의 생각을 논리적으로 의사소통하게 된다. 이처럼 동료평가 활동에서 학생의 피평가자로서의 경험 뿐 아니라 평가자로서의 경험 역시 중요한 의미가 있는 것이다.

학생들이 평가자로서 어떠한 과정을 거쳐 피드백을 제공하는지 알아봄으로써 동료평가 지도에 있어 또 다른 시사점을 제공받을 수 있을 것이다. 이를 위하여 동료평가 활동 중 학생들이 제공하는 피드백을 유형화하였다.

III. 연구결과

1. 개방적 탐구 평가 결과와 피드백 빈도의 비교

평가준거별 개방적 탐구 평가 점수의 변화와 피드백 빈도를 비교한 내용은 Table 3에 제시하였다. 각 평가 준거 옆의 괄호에는 실제 피드백 빈도 값을 기록하였다.

Table 3. The comparison the frequency of feedback and the evaluation result of open inquiries

	피드백 빈도 높음	피드백 빈도 낮음
평가 점수 향상	<ul style="list-style-type: none"> - 주제 및 동기의 독창성 및 유용성(9) - 탐구방법 중 탐구기구와 재료의 적합성 및 충족성(14) - 탐구방법 중 탐구과정의 적합성(21) - 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(변인통제)(39) - 결과 기록의 정확성(10) - 의사소통의 용이성(29) 	<ul style="list-style-type: none"> - 주제 및 동기의 명확성(0) - 결과분석을 위한 자료 해석의 타당성(2) - 결론의 타당성(6) - 참고문헌의 체계성(6)
평가 점수 미향상	<ul style="list-style-type: none"> - 탐구방법 중 탐구 과정의 정교성(23) 	<ul style="list-style-type: none"> - 이론적 배경의 적합성(1) - 탐구방법의 독창성(0) - 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(가설설정)(1) - 결과의 자료 변환 제시와 형식(5) - 발전적 사고의 다양성(7)

주제 및 동기의 독창성 및 유용성, 탐구 기구와 재료의 적합성 및 충족성, 탐구 과정의 적합성, 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(변인통제), 결과 기록의 정확성, 의사소통의 용이성 등 동료평가가 활발하게 이루어진 평가준거에서는 대부분 평가 점수가 향상되었다. 반면 이론적 배경의 적합성, 탐구방법의 독창성, 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(가설설정), 결과의 자료 변환 제시와 형식, 발전적 사고의 다양성은 피드백이 활발히 제시되지 못했고 상대적으로 점수 향상의 폭이 작거나 없었다.

한편 탐구방법 중 탐구과정의 정교성은 23번의 피드백이 오고갔음에도 점수 향상의 폭이 크지 않았다. 이 평가준거의 경우, 3모듬과 5모듬은 탐구방법 중 탐구과정의 정교성 점수가 향상하였으나 나머지 모듬은 비슷한 점수를 받았다. 이 중 2모듬은 가장 처음 탐구한 드라이아이스에 대한 개방적 탐구에서 탐구방법 중 탐구과정의 정교성 점수에 대하여 3인의 평가자의 평가점수의 평균이 4.33점이라는

매우 높은 점수를 받았기 때문에 이후의 탐구에서 평균 점수 5점 만점을 받았음에도 점수가 비슷한 것으로 분류되었다. 총 5모둠 중 3모둠 이상의 점수가 향상되었을 때 점수가 향상되는 준거로 분류하였기 때문에 탐구방법 중 탐구과정의 정교성이 점수 미향상 준거로 분류되었으나, 실상 평가 점수가 높은 편에 속하는 준거이다.

한편 동료평가가 활발히 이루어지지 않았음에도 평가점수는 향상하는 경우도 있었다. 주제 및 동기의 명확성, 결과분석을 위한 자료 해석의 타당성과 결론의 타당성, 그리고 참고문헌의 체계성이 바로 그러한 평가준거이다.

주제 및 동기의 명확성은 특별한 피드백 없이도 다른 모둠의 발표를 듣고 학습이 이루어진 것으로 보인다. 이에 대하여 보다 구체적인 내용은 결과2에서 논의하도록 하겠다.

참고문헌의 체계성은 탐구 준비와 결과 해석 등에 참고 한 외부 자료의 출처를 밝혔는지를 평가하는 준거이다. 이러한 준거는 비교적 과학적·비판적 사고를 요하지 않기 때문에 적은 횟수의 피드백으로도 학습이 이루어질 수 있었다.

결과분석을 위한 자료 해석의 타당성과 결론의 타당성은 실제 탐구 내용에 근거하여 과학적, 논리적으로 결론을 내렸는가에 대한 평가준거로, 과학적이고 논리적인 판단과 관련이 있는 부분이다. 결과분석을 위한 자료해석의 타당성과 결론의 타당성에 해당하는 피드백은 빈도는 낮았지만 하나의 피드백이 이루어질 때 피평가자 학생이 평가자의 의견을 무조건 수용하지 않고 스스로 납득이 갈 때까지 계속해서 질문과 반박을 하여 오랜 시간동안 토론이 이어졌다.

3다: 지금 결론이 pH가 낮아수록 끓는점이 낮다는 게 맞죠? 그런데 중성에도 영향을 미쳐요, 안 미쳐요?

5다: 저희의 실험에서는 중성은 상관이 없던 것으로 나왔습니다.

3다: pH가 점점 낮아짐에 따라서 끓는점이 낮아진다는 거면 중성도 pH의 수치 중 하나이므로 중성에만 영향을 미치지 않으면 pH와 끓는점이 관계가 없는 것이고 나머지 용액의 결과는 우연이 아닙니까?

5다: 우연인지는 모르겠지만 어쨌든 실험 결과에서는 이렇게 나왔습니다. 그리고 중성은 예외라고 밝혔습니다.

3다: 왜 중성이 예외입니까?

(중략)

5다: 제 생각에는, pH 중성은 기준점이 되는 곳이지 않아요, 빛의 굴절에서도 기준점이 되는 법선에 빛을 쏘면 굴절이 안 일어나지 않습니까? 그것을 보더라도 모든 것에는 예외가 있습니다.

3다: 그것은 예외가 아니라 굴절이 되긴 하는데 전체적으로 봤을 때 눈에 안 띄는 것뿐인 것 같습니다. 이것은 pH에 따른 것이기 때문에 예외가 없어야 할 것 같습니다. 예외가 있다는 것은 pH때문이나 성분상의 차이 때문에 끓는점이 달라진 것 같은데요.

5다: 그것(성분상의 차이에 따라 끓는점이 달라지는 것)의 이유를 아십니까? 저희(5모둠의 탐구문제)는 성분에 따른 끓는점의 변화가 아니라 pH에 따른 끓는점의 차이니까 이렇게 결론을 낸 것이고요, 다음에 기회가 있다면 성분에 따른 끓는점 변화도 탐구해보겠습니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

위의 사례는 결과분석을 위한 자료해석의 타당성에 해당하는 피드백 장면의 예시로, 4분 20여초에 걸쳐 자료해석의 타당성에 대하여 논의가 이루어졌다. 결과분석을 위한 자료해석의 타당성과 결론의 타당성, 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(변인통제)의 경우를 제외한

나머지 영역에서의 피드백과 논의는 짧으면 10여초, 평균적으로 40여초 안팎의 시간이 걸렸던 것에 비교하면 상당히 오랜 시간 논의가 이루어진 것을 알 수 있다. 학생들이 교사로부터 피드백을 받았을 때와 달리 동료의 피드백은 바로 수용하지 않고 과학적으로 타당한 것인지 스스로 비판적으로 따져본다는 선행연구(Leki, 1990; Mangelsdorf, 1992)와 일치한다.

2. 동료평가에 의한 개방적 탐구 개선 사례에 대한 분석

동료평가에 의해 탐구 보고서와 개방적 탐구 수행이 개선된 사례를 분석한 결과를 Table 4로 정리하였다. 총 16개의 평가준거 중 10~12개의 준거에서 개선 사례를 발견할 수 있었다. 탐구 보고서의 경우에는 각 준거별 사례의 수가 대체로 비슷하게 발견되었고 개방적 탐구 수행의 경우에는 의사소통에서 월등히 많은 수의 개선 사례가 발견되었다. 이는 동료에게 자신의 탐구를 설명하고 설득하며, 동료의 탐구 발표를 듣고 비판적으로 평가하는 과정을 실제로 경험하는 것이 과학적 의사소통 능력 향상에 도움이 된다는 것을 드러낸다.

한편 동료평가 피드백이 0회, 1회 이루어진 탐구 방법의 독창성과 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(가설설정)은 실제 탐구보고서와 개방적 탐구의 개선이 이루어지지 않았다. 따라서 교사는 동료평가 활동을 지도함에 있어 학생들이 다양한 관점에서 동료의 탐구를 살필 수 있도록 안내할 필요가 있다.

Table 4. The number of improvement cases in every evaluation criteria

평가준거 (피드백 빈도)	탐구 보고서 개선	개방적 탐구 개선
주제 및 동기의 명확성(0)	2	1
주제 및 동기의 독창성 및 유용성(9)	-	2
이론적 배경의 적합성(1)	-	2
탐구방법 중 탐구기구와 재료의 적합성 및 충족성(14)	4	-
탐구방법의 독창성(0)	-	-
탐구방법 중 탐구과정의 적합성(21)	3	-
탐구방법 중 탐구과정의 정교성(23)	3	1
탐구방법 중 탐구과정의 과학성(가설설정) (1)	-	-
탐구방법 중 탐구과정의 과학성(변인통제) (39)	3	1
결과 기록의 정확성(10)	3	2
결과의 자료 변환 제시와 형식(5)	1	2
결과분석을 위한 자료 해석의 타당성(2)	1	-
결론의 타당성(6)	3	-
발전적 사고의 다양성(7)	4	3
참고문헌의 체계성(6)	5	3
의사소통의 용이성(29)	5	14
계	37	31

3. 동료평가에 의한 개방적 탐구 개선 유형 분석

가. 유형 1: 자신의 모둠이 받은 피드백을 수용

총 68개의 개선 사례 중 44개의 사례가 해당하는 유형으로, 자신의 모둠이 받은 피드백을 수용하여 개방적 탐구와 탐구 보고서를 개선하는 유형이다.

2모듬은 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 무게 변화 탐구와 소금물의 농도에 따른 빛의 굴절 탐구를 하면서 같은 양의 물에 약손가락으로 소금의 양을 다르게 하여 소금물의 농도를 조절하였다.

4나: 소금의 양을 측정할 때 약손가락을 사용하면 한 손가락마다 소금의 양이 달라질 수 있어 정확하지 않습니다.

2가: 손가락으로 소금을 퍼서 표면을 편평하게 맞추어 양을 일정하게 유지하였습니다.

1나: '몇 손가락'으로 하기보다 '그램을 이용하여 무게를 측정하면 좋을 것 같습니다.

2가: 전자저울을 준비하지 못해서 약손가락으로 탐구하였습니다.

3다: 사진에는 손가락에 소금이 고봉으로 담겨있습니다. 그렇다면 소금의 양이 정확하지 않다고 생각합니다.

2모듬은 마지막 탐구인 소금물의 농도에 따른 비열 변화 탐구를 할 때에는 전자저울로 소금의 무게를 측정하여 소금물의 농도를 조절하였다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 10. 31.)

위의 사례에서 학생들은 2모듬이 소금물의 농도를 조절하기 위하여 사용한 소금의 단위에 대해 지적하고, 보다 엄격한 탐구 방법을 제시하고 있다. 이러한 피드백을 받아들인 2모듬은 이후 수행한 개방적 탐구에서 이러한 문제점을 개선하였다. 특히 2모듬이 마지막 개방적 탐구에 대해 발표하는 중 “지난번 빛의 굴절 탐구를 할 때에 소금의 양을 약손가락으로 측정하는 것 보다 무게로 측정하는 것이 좋겠다는 의견을 수렴한 결과입니다.”라고 언급한 내용으로 보아 이번 개선 사례가 동료평가에 의한 것임이 드러났다.

2모듬이 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 무게 변화 탐구에 대하여 발표한 뒤 동료평가하고 있다.

1다: 발표 자료에 그림이 있어서 보기가 좋았고 실험에 대해 이해하기가 쉬웠습니다.

2모듬은 이후에 탐구한 소금물의 농도에 따른 빛의 굴절 탐구와 소금물의 농도에 따른 비열 변화 탐구의 발표 자료도 모두 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 무게 변화 탐구의 발표 자료와 비슷한 양식으로 작성하였다. 즉, 탐구 과정을 단계별로 설명하고, 단계별로 찍은 사진을 제시하였다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

위의 사례가 앞의 사례와 다른 점은 칭찬을 받은 점이 강화되었다는 점이다. 이처럼 초등과학영재 학생들은 동료로 부터 받은 부정적 피드백뿐만 아니라 정적 피드백에 의해서 장점이 강화되기도 하였다. 하지만 총 170회의 피드백 중 정적 피드백에 해당하는 것은 고작 4회 뿐이었다. 따라서 교사는 동료평가를 지도함에 있어 동료의 개방적 탐구에서 잘된 점도 칭찬할 수 있도록 안내할 필요가 있다.

나. 유형 2: 다른 모듬이 받은 피드백에서 학습

총 68개의 개선 사례 중 11개의 사례가 해당하는 유형으로, 다른 모듬에게 제공된 피드백의 내용을 본인의 개방적 탐구의 개선에 활용하는 유형이다.

4모듬은 드라이아이스를 이용하여 로켓 만들기 탐구의 결과, 가설과 다른 결과를 발견하였다.

3나: 실험 결과가 가설과 다르게 나왔는데 그 이유가 뭐라고 생각합니까?

4다: 드라이아이스를 많이 넣을수록 로켓의 무게가 무거워지기 때문이라고 생각합니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

위의 사례에서 초등과학영재 학생들은 4모듬의 개방적 탐구에서 가설과 탐구 결과가 다르게 나온 이유에 대해서 토의하였다. 동료평가 중 이러한 토의는 토의에 참여하지 않았던 5모듬에게도 영향을 미쳐, 5모듬이 탐구 보고서를 작성할 때 탐구 결과와 가설이 일치하지 않는 이유를 추가하는 데 도움을 주었다. 5모듬은 이와 관련된 피드백을 받지도, 4모듬이 비슷한 내용으로 피드백 받는 과정에도 참여하지 않았지만 같은 공간에서 다른 학생들의 동료평가 과정을 지켜보았고, 이것만으로도 학습이 이루어져 탐구 보고서를 개선할 수 있었다.

1모듬은 여러 가지 액체의 종류에 따른 드라이아이스의 녹는 속도 비교 탐구를 할 때 용매의 처음 온도를 측정하지 않았다.

2가: 탐구에 사용한 설탕물과 소금물, 미숫가루의 온도가 모두 같았나요?

1모듬: 네.

2가: 드라이아이스의 승화 속도를 측정하기 전에 온도도 측정한 것인가요?

1다: 온도를 측정하지는 않았지만 같은 수도꼭지에서 나온 수도물의 온도는 모두 같다고 생각하고 탐구하였습니다.

2가: (무언가를 말하려는 듯 입을 벌렸다가 다시 입을 다물고 고개를 끄덕인다.)

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

2모듬은 1모듬과 같은 대주제 탐구로, 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 무게변화 탐구를 수행하였다. 그런데 2모듬 역시 처음 소금물의 온도를 측정 및 통제하지 않았고, 이후 동료평가에서 이에 대한 피드백을 받지 않았다. 하지만 탐구 보고서에는 “소금물이나 설탕물을 만들 때 용매로 사용되는 물을 수도꼭지에서 얻었는데, 그 물의 온도가 다를 수 있다는 사실을 인지하지 못했다는 점이 아쉽다.”라고 반성하고 있다. 즉, 2모듬은 1모듬의 개방적 탐구에 대해 피드백을 제공하면서 스스로의 개방적 탐구에 대한 반성이 이루어졌다. 다만 이에 대해 1모듬에게 보다 구체적으로 지적하지 않은 것은 1모듬의 동료평가 이후 본인의 모듬이 발표할 때에 이 점을 지적받을 것이 걱정되었기 때문인 것으로 보인다.

다. 유형 3: 다른 모듬의 발표를 들으며 학습

총 68개의 개선 사례 중 12개에 해당하는 유형으로, 별다른 피드백 없이도 다른 모듬의 발표를 통해 스스로의 탐구를 반성하고, 개선하는 유형이다.

드라이아이스를 대주제로 한 개방적 탐구에 대하여 1모둠, 2모둠, 3모둠이 발표하였고, 이어 4모둠이 발표하고 있다.

4다: 탐구하게 된 동기는 선생님께서 조별로 드라이아이스와 관련된 탐구 주제를 정하라고...하셔서...(다른 모듬의 학생들이 키득대며 웃고, 4다 학생도 민망한 듯 얼굴을 붉히며 웃는다.)

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

위의 사례에서 4모듬에 앞서 발표한 2모듬과 3모듬의 탐구 동기는 각각 “얼음은 소금물의 농도가 높을 때 더 잘 녹는다. 그렇다면 드라이아이스도 소금물의 농도가 더 높을 때 더 잘 녹을지 궁금하였다.”와 “드라이아이스를 관찰할 때 잘 미끄러지는 것을 보고 재미있다는 생각이 들어서 이 특징을 이용해 장난감을 만들면 드라이아이스가 있을 때와 없을 때의 차이를 알 수 있을 것 같아 이 탐구를 하게 되었다.”였다. 이에 비해 4모듬의 탐구 동기는 매우 수준이 낮은 것이었고 이러한 평가는 동료의 피드백 없이도 다른 모듬의 발표를 들으면서 충분히 인지되었다. 동료평가 이후 4모듬은 탐구 보고서를 작성할 때 탐구 동기를 “드라이아이스가 승화하면서 발생하는 이산화탄소가 로켓의 연료로 사용될 수 있을지 궁금해서”로 수정하였다. 또한 이후에 수행한 개방적 탐구의 탐구 동기는 “신기루 현상을 보고 궁금해져서”와 “금속은 1000°C 넘는 온도에서 녹는다고 하는데 금속이 녹을 때까지의 온도 변화가 궁금해서”로, 수준이 향상된 것을 볼 수 있다. 위의 사례 외에도 유형 3에 해당하는 개선 사례는 탐구 결과를 정리한 표와 그래프를 추가하는 경우, 본인의 탐구를 반성하고 새로운 연구를 제안하는 내용을 추가하는 경우, 탐구 결과의 원리나 이론적 배경에 대하여 조사하고 추가하는 경우 등 이전에 없던 내용을 추가하여 개방적 탐구의 내용을 보다 풍부하게 하는 경우 등이 있었다. 이처럼 유형 3은 대부분 동료의 탐구 발표 내용에는 있는데 본인의 탐구에는 없던 내용을 추가하여 이전의 탐구 발표 자료 보다 개선하는 방향으로 이루어지는 경우가 많았다.

동료평가가 학생들의 과학적 탐구에 미치는 영향에 대한 이전의 연구에서는 주로 1대 1 방식으로 동료평가가 이루어졌다(Park *et al.*, 2010; Lee & Kim, 2012). 하지만 이런 경우 학생들은 오직 한 명의 동료에게만 피드백을 받을 수 있고, 또한 오직 한 명의 동료가 수행한 개방적 탐구에 대해서만 평가할 수 있다. 하지만 본 연구 결과, 학생들은 본인의 탐구에 대한 피드백 외에 동료의 탐구에 대한 피드백으로도, 또한 동료의 개방적 탐구를 살피는 것만으로도 본인의 탐구를 개선시킬 수 있음이 드러났다. 따라서 동료평가를 지도함에 있어 1대 1 방식의 동료평가 보다는 1대 다(多) 방식의 동료평가 활동이 보다 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

4. 피드백 제공의 유형 분석

가. 피드백 유형 1: 탐구를 이해하기 위한 질문

동료의 탐구에서 부족한 점을 찾아 조언해주고, 잘된 점을 칭찬해 주기 위해서 먼저 동료의 탐구를 잘 이해해야 한다. 피드백 유형 1은 초등과학영재 학생들의 이와 같은 노력의 과정에서 발생하는 것이다.

4모듬의 금속을 가열할 때 금속의 종류에 따른 온도변화 탐구에 대해

동료평가 하고 있다.

3라: 삼발이 위에 금속을 놓고 금속 위에 센서를 설치한 것이 맞습니까?

4나: 네. 삼발이 위에 판처럼 생긴 철망 같은 것을 놓고 그 금속의 온도를 측정했습니다.

(중략)

3다: 삼발이 위에 금속을 올려놓았다면 삼발이의 차이가 실험에 영향을 주지 않았을까요?

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 11. 28.)

4모듬은 탐구 과정에 대해 설명할 때 MBL설치 방법만 자세히 설명했을 뿐 금속을 어떠한 방법으로 가열했는지는 설명하지 않았다. 위의 사례에서 볼 수 있듯 3라 학생은 4모듬의 탐구 방법에 대해 정확히 이해하기 위해 질문을 하였고, 이러한 피드백과 답변은 이후 3다 학생이 탐구방법 중 탐구과정의 과학성(변인통제)과 관련된 질문을 하는 계기를 제공했다.

2모듬의 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 승화 속도 탐구에 대해 동료평가 하고 있다.

3라: 탐구 결론 2(를 기록한) 슬라이드에 “물이 없는 소금”이 무슨 뜻입니까?

2가: 물에 녹이지 않고 그냥 소금으로 했다는 겁니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

위의 사례에 제시된 동료평가 이후 2모듬은 탐구 보고서를 작성할 때 ‘물이 없는 소금’을 ‘소금’이라고 수정하였다. 이처럼 피드백 유형 1에 해당하는 동료평가 장면은 탐구 보고서의 개선에 직접적으로 도움을 주기도 한다.

나. 피드백 유형 2: 단순한 내용을 점검

피드백 유형 2는 참고 문헌의 출처를 밝혔는지, 측정단위를 빠트리지 않았는지, 발표 자료의 글씨 크기나 구성이 읽기에 적당한지 등 비판적, 과학적 사고 없이 단순히 점검하는 내용의 피드백이다.

4모듬이 수행한 드라이아이스를 이용하여 로켓 만들기 탐구를 동료평가 하고 있다.

1다: 느린 점을 쓴 슬라이드에 글씨만 있어서 눈이 아프니까 핵심만 썼다면 더 좋았을 것 같습니다. 그리고 작용·반작용의 원리를 조사한 것에서 출처를 밝혀야 한다고 생각합니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

위의 사례처럼 피드백 유형 2는 동료의 탐구가 과학적으로, 논리적으로 타당한 것인지, 의미 있는 결론을 이끌어냈는지 등 과학적이고 비판적인 사고를 통해 제공되는 피드백이라기보다는 동료가 실수한 것이 있는지 점검하는 내용이다. 이는 피드백 유형1과 더불어 다른 유형의 피드백에 비해 비교적 쉽고 간단한 피드백이다.

다. 피드백 유형 3: 탐구의 유용성 평가

피드백 유형 3은 동료의 탐구문제가 뻔히 결과가 예상되는 것은 아닌지, 탐구 결과물이 유용하게 활용될 수 있는지 평가하는 것이다.

2모둠의 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 무게 변화 탐구에 대해서 동료평가하고 있다.

3나: 소금이 물의 어는점을 더 낮춰서 소금물이 얼음을 더 빨리 녹게 한다고 사전조사 하셨는데, 그럼 (소금물이 물보다) 드라이아이스를 더 빨리 녹이는 것도 당연한 결과 아닙니까?

2가: 저희가 지 지난 주에 개방적 탐구를 하기 전에 선생님과 수업을 했을 때 드라이아이스와 얼음은 반대되는 성질이 매우 많았습니다. 그래서 이 성질도 그렇지 않은지 궁금했습니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

피드백 유형 3에 해당하는 피드백은 대부분 위의 사례와 같이 탐구 결과가 너무나도 당연하여 탐구의 결과가 의미 없는 것은 아닌지에 대한 것이었다.

3모둠은 드라이아이스의 승화를 이용하여 장난감 만들기 탐구를 하였다. 이에 대하여 동료평가하고 있다.

2가: 이 놀잇감을 만든 것이 아이들을 위한 것이라면 어린 아이들이 맨손으로 드라이아이스를 잡을 수도 있는데, 위험한 점은 생각해 보셨나요?

3다: 그래서 저희는 이 놀잇감을 만약에 아이들에게 제공한다면 장갑을 같이 제공하거나 유의사항에 장갑을 꼭 끼고 이용하라고 할 것입니다.

2가: 이 놀잇감을 오랫동안 가지고 놀 수 있으려면 많은 양의 드라이아이스가 필요하겠네요?

3다: 저희가 탐구를 할 때에는 (드라이아이스와 장난감의) 높이를 비슷하게 제작하였지만 실제로 제공을 한다면 더 오래 쓰기 위해서 공의 높이를 더 짧게 한다면 (드라이아이스가 승화하여) 높이가 줄어들어도 조금 더 오래 쓸 수 있을 것입니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

공작형 탐구에서는 탐구 결과물의 활용에 방해가 되는 요소를 수정하는 피드백이 발견되었다. 이러한 피드백 역시 동료의 탐구를 보다 유용하게 만들어주는 것으로, 피드백 유형 3에 해당하는 내용이다.

라. 피드백 유형 4: 탐구의 타당성 평가

피드백 유형 4는 동료의 탐구가 과학적으로 타당하게 인정받을 수 있는지를 평가하는 내용의 유형이다. 즉, 변인통제가 충분히 이루어졌는지, 탐구 과정이 탐구 문제를 해결하기에 적절한 것인지, 탐구 결과로부터 타당하게 결론을 내렸는지 등에 대한 것으로, 과학적·비판적 사고를 거쳐 제공되는 피드백이다.

5모둠은 액체의 pH에 따른 끓는점을 비교하기 위하여 레몬즙, 석회수, 증류수 등 여러 가지 pH의 물질을 알코올램프로 가열하고 MBL을 이용하여 끓는점을 측정하였다.

1나: 여러 가지 용액으로 (탐구)하면 성분이 달라지니까 차라리 한 가지 용액에 물을 섞어 pH를 조절하는 것이 나을 것 같습니다.

5다: 지난번에 1조가 염산에 물을 섞어서 pH를 조절했는데 실제로 산성 용액 같은 물질에 물을 섞는다고 pH가 바뀌지 않는다는 의견이 있었고, 그에 대해 저희도 확신이 없었습니다. 또 산성과 염기성 둘 다 탐구해야하는데 물을 섞어서 pH를 조절하면 산성이나 염기성 중 한 가지만 탐구하게 되므로 여차피 두 가지 이상의 용액을 사용해야 했습니다.

2가: 한 가지 말고 산성과 염기성 하나씩, 두 가지 정도 물질로 탐구하면 pH를 다양하게 측정할 수 있을 것 같고, 그 용액들에 물을 섞어서 탐구하면 더 좋을 것 같습니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 11. 28.)

위의 사례에서 5모둠 탐구의 독립변인은 물질의 pH이고 종속변인은 끓는점이었다. 끓는점은 물질상수로, 물질의 종류에 따라 달라지는 값이다. 따라서 물질의 pH에 따른 끓는점을 비교하려면 물질의 성분이 달라지지 않고 pH만 달라지도록 탐구 과정을 설계하거나 여러 물질을 다양하게 탐구하여 pH와 끓는점 사이에 경향성을 발견해야 한다. 하지만 5모둠이 탐구에 사용한 물질은 레몬즙(pH2), 사이드(pH4), 증류수(pH7), 비눗물(pH9), 석회수(pH11)였으므로 가설-연역적 방법으로도, 귀납적 방법으로도 부족한 점이 많았다. 이에 동료 학생들은 가설-연역적 입장에서 5모둠이 통제하지 못한 물질의 성분이라는 변인을 지적하고 있는 것이다. 변인통제는 과학 탐구의 타당성에 결정적인 요소이다. 본 연구에서도 동료평가에서 가장 빈번하게 화두가 되는 것이 바로 변인통제에 대한 평가였다.

4모둠은 금속을 가열할 때 금속의 종류에 따른 온도 변화 탐구의 가설을 “아연보다 구리와 알루미늄이 온도가 더 높게 올라갈 것이다”로 세웠다. 그리고 아쉬운 점으로 “온도가 약 120°C가 되면 갑자기 온도가 낮아지는 것은 온도계의 측정한도가 125°C이기 때문에 생긴 문제인데, 측정 범위가 더 큰 온도계로 측정했으면 좋았을 것 같다”고 밝혔다.

5다: 온도계 측정 한계로 인해 온도 측정이 잘되지 않았다면 (금속의) 온도가 누가 더 높게 올라가는지 측정하지 못한 것 아닙니까?

4가: 그래서 온도의 증가 속도를 측정했습니다.

5다: 온도의 증가 속도를 측정하는 것은 어떤 것이 온도가 더 높게 올라가는지를 알아보는 탐구 가설에 어긋나는 실험입니다.

4다: 이 그래프가 이대로 계속 진행이 된다면 아연이 구리보다 (온도가) 더 높이 올라갈 것입니다.

1나: 그걸 어떻게 압니까?

4다: 예상하면 됩니다.

2가: 알루미늄은 계속 (온도가) 올라가는데 아연은 먼저 멈출 수도 있습니다.

4다: 그럼 여기서 알 수 있는 것은 아연이 더 빨리 가열된다는 건데…….

2가: 그게 실험 주제에 어긋난 것입니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 11. 28.)

위의 사례에서 4모둠의 탐구문제는 금속을 가열할 때 금속의 종류에 따른 온도의 변화였다. 하지만 금속의 녹는점을 찾겠다는 것인지, 가열 속도를 측정하겠다는 것인지 정확한 탐구문제를 정하지 않았다. 다만 가설로 보아, 아연, 구리, 알루미늄의 녹는점을 비교하는 것이 목적인 것으로 보인다. 하지만 4모둠이 수집한 탐구 결과는 세 가지 금속의 가열 곡선으로, 금속의 가열 속도를 비교할 수는 있지만 온도계의 측정한계로 인해 녹는점을 측정하지는 못했다. 그럼에도 불구하고 4모둠은 금속의 가열곡선을 바탕으로 금속의 녹는점과 관련된 결론을 내렸다. 이에 동료 학생들은 실제 측정하고 수집한 탐구 결과 자료로부터 과학적으로 타당한 결론을 이끌어냈는가를 살펴 탐구의 과학성과 타당성에 대해 평가하였다.

위의 두 사례 모두 동료의 탐구가 과학적, 논리적으로 타당한지 평가하는 것으로, 피드백 유형 4는 비판적 사고를 거쳐 평가할 수

있는 내용이다. 이는 단순히 동료의 탐구 발표를 자세히 살피는 것만으로도 평가할 수 있는 피드백 유형 2에 비하여 보다 수준 높은 피드백 유형이라고 할 수 있다.

마. 피드백 유형 5: 구체적인 개선방법 제시

피드백 유형 5는 동료의 탐구를 개선 혹은 확장시키기 위한 구체적인 방법까지도 제시하는 유형이다.

2모둠의 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 무게 변화 탐구에 대하여 동료평가 하고 있다.

4나: 소금물 속에서 드라이아이스가 승화되는 정도를 측정하셨는데 전자저울에 드라이아이스의 무게를 측정하는 과정에서 공기에서도 조금은 승화가 됐을 것 같습니다.

(중략)

3다: 드라이아이스를 소금물에서 빼서 무게를 재면 드라이아이스가 실온에 노출되기 때문에 차라리 (드라이아이스와 소금물이 들어있는) 비커 자체의 무게를 재면 더 정확했을 것 같습니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

2모둠은 소금물의 농도에 따른 드라이아이스의 승화 속도를 알아 보기 위해 종이컵 여러 개에 농도가 다른 소금물을 담고, 드라이아이스를 한 조각 씩 넣었다. 그리고 5분, 10분, 15분 간격으로 드라이아이스를 다시 꺼내 무게를 측정하였다. 정확한 탐구를 위해 드라이아이스가 실온에 방치되는 시간을 모두 같도록 통제해야하며 드라이아이스의 무게를 측정하는 것도 동시에 진행해야 하는데, 이는 쉽지 않은 일로 어느 정도의 오차는 필연적인 것이었다. 위의 사례에서 4나 학생이 이러한 점을 지적하였고, 3다 학생은 위 동료평가 장면을 목격한 뒤 곰곰이 생각하더니 문제점을 해결할 수 있는 방안도 제시하였다.

4모둠은 필름 통 로켓에 넣은 드라이아이스의 양과 로켓의 발사거리 및 비행시간의 관계를 알아보았다.

3다: 필름 통 안에 기체가 가득 찬 순간 로켓이 날아가는 것이고, (중략) 일정한 양 이상이면 (로켓의) 무게가 점점 무거워져서 더 멀리 못 날간다고 말씀하셨는데, 그렇다면 로켓이 발사되기 위해 (드라이아이스를) 최소한 얼마나 넣어야 하는지 그 양을 측정하면 좋을 것 같습니다.

(동료평가 활동 녹화 영상, 2015. 09. 19.)

위의 사례에서 3다 학생은 4모둠의 탐구를 확장할 수 있는 새로운 탐구문제를 제시하였다. 4모둠은 단순히 드라이아이스의 양과 로켓의 발사거리 및 비행시간의 관계만을 탐구하였지만, 보다 다양하고 의미 있는 탐구 결론을 이끌어내기 위해 이미 4모둠이 탐구한 탐구문제의 연장선에서 탐구할 수 있는 탐구문제를 새롭게 생각하여 피드백을 제시하였다.

피드백 유형 2, 3, 4는 모두 동료의 탐구에서 부족한 점 혹은 잘못된 점을 찾아 지적하기 위한 것이었다. 하지만 피드백 유형 5는 한걸음 더 나아가 동료의 탐구를 개선할 수 있는 구체적인 방향까지도 모색하기 위한 것으로, 확산적 사고의 결과물이다.

사. 피드백 방식의 유형별 빈도 분석

피드백 방식의 유형별 빈도는 Table 5와 같다. 이를 보면 동료의 탐구가 과학적으로 타당한지, 부족한 점은 없는지, 유용성에 방해가 되는 요소는 없는지 등 비판적인 사고와 관련된 피드백 유형 2, 3, 4가 매우 빈번하게 이루어진 것으로 보인다. 이는 동료평가를 통해 학생들의 비판적인 사고력을 기를 수 있다는 선행연구(Leki, 1990; Mangelsdorf, 1992)와 일치하는 결과이다. 반면 확산적 사고를 거쳐 동료의 탐구를 개선시킬 방법을 탐색하는 피드백 유형 5의 빈도는 매우 낮았다. 확산적 사고는 창의적 사고력의 중요한 요소이다. 또한 탐구를 개선할 수 있는 구체적인 방법을 생각하는 것은 그 자체로 과학적 탐구력의 향상에 도움을 줄 수 있는 것이다. 따라서 동료평가 활동을 통해 보다 많은 교육적 효과를 얻기 위해서 교사는 학생들이 동료의 탐구에서 부족한 점을 지적하는 것에서 더 나아가 개선시킬 구체적인 방법을 떠올릴 수 있도록 격려할 필요가 있다.

Table 5. The frequency of feedback type

피드백 방식의 유형	피드백 빈도
유형 1 (탐구를 이해하기 위한 질문)	26
유형 2 (단순한 내용을 점검)	43
유형 3 (탐구의 유용성 평가)	10
유형 4 (탐구의 타당성 평가)	74
유형 5 (구체적인 개선방법 제시)	11
계	164

IV. 결론 및 제언

초등과학영재를 대상으로 개방적 탐구와 동료평가 활동을 실시한 결과, 동료평가에 의한 개방적 탐구 수행 개선 양상은 다음과 같이 나타났다.

첫째, 빈번하게 피드백이 오고간 평가 준거의 경우 평가 점수가 향상되는 반면 피드백이 활발히 이루어지지 않은 평가준거 중 일부는 점수 향상의 폭이 작거나 없었다. 피드백이 활발하지 않았음에도 평가 점수가 향상된 평가준거는 다른 모둠의 개방적 탐구 발표를 듣는 것만으로도 학습이 되거나, 작은 노력으로도 개선이 가능한 경우이거나, 하나의 피드백에 대하여 오랜 시간 많은 의견이 오고간 평가준거였다. 이처럼 초등과학영재 학생들은 동료평가 중 동료의 피드백으로부터 과학탐구에 대하여 학습한다.

둘째, 동료평가는 초등과학영재가 탐구 보고서나 개방적 탐구를 수행하는 데 거의 전 평가 준거에 걸쳐, 특히 과학적 의사소통 영역에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이는 초등과학영재가 동료평가를 할 때 다양한 관점에서 동료의 탐구를 살피고 있음을 보여주는 것이며, 동료평가가 개방적 탐구 지도의 수단 중 하나가 될 수 있음을 시사한다.

셋째, 초등과학영재가 동료평가를 통해 개방적 탐구를 개선하는 과정은 세 가지 유형으로 나타났다. 첫 번째 유형은 자신의 탐구에게 피드백 된 내용을 반영하여 부족한 점을 개선하거나 잘된 점을 강화하는 경우이며, 두 번째 유형은 다른 모둠에게 피드백 된 내용을 바탕으로 스스로의 탐구를 반성하여 개방적 탐구를 개선하는 경우, 마지막은 굳이 피드백이 오고가지 않더라도 동료의 탐구 발표를 보는 것

만으로도 본인의 탐구에 대한 반성이 이루어지는 경우였다. 따라서 학생들의 보고서를 일대일 교환하여 동료평가 하도록 지도하기보다는 전체 동료들을 대상으로 발표 및 동료평가 하여 보다 많은 동료의 탐구 발표를 듣고, 다양한 피드백을 경험하는 것이 필요하다.

넷째, 동료평가 활동 중 주고받은 피드백의 목적에 따라 피드백 방식의 유형을 5가지로 분류하였다. 피드백 유형 1은 동료의 탐구를 보다 정확히 이해하기 위한 유형이었고, 피드백 유형 2는 참고문헌, 글자의 크기 등 깊이 생각하지 않고도 동료의 탐구에서 실수한 내용을 지적할 수 있는 유형이었다. 피드백 유형 3은 탐구가 유용하게 활용될 수 있는지를 평가하는 유형이었으며, 피드백 유형 4는 동료의 탐구가 과학적·논리적으로 타당하지 판단하는 피드백으로, 비판적인 사고가 필요한 유형이다. 마지막으로 피드백 유형 5는 확산적 사고를 통해 동료의 탐구를 개선·확장 시킬 방법을 찾아보는 유형이었다. 이 중 피드백 유형 2, 3, 4의 빈도가 매우 높았던 것으로 보아 동료평가는 학생의 비판적 사고를 자극하는 활동으로 보인다. 반면 피드백 유형 5는 빈도가 상대적으로 낮았기 때문에 더욱 많은 교육적 효과를 위해 교사는 동료평가를 지도함에 있어 피드백 유형 5를 자극하는 발문을 할 필요가 있다.

본 연구의 결과 동료평가 활동은 초등과학영재의 개방적 탐구 수행 및 비판적 사고력과 과학적 의사소통 능력에 긍정적인 영향을 미치며, 동료평가 활동은 개방적 탐구 지도의 한 가지 수단이 될 수 있다. 또한 본 연구를 통해 동료평가 활동을 지도함의 방향에 대한 시사점을 얻을 수 있었다. 피평가자와 평가자의 관계를 일대일 방식 보다는 일대다(一對多) 방식으로 지도하는 것이 효과적이며 학생들이 확산적 사고를 통해 동료의 탐구를 개선시킬 구체적인 방법까지도 피드백할 수 있도록 발문을 제공할 필요가 있다.

본 연구는 초등과학영재를 대상으로 3가지 대주제로 개방적 탐구를 실시하였다. 학교 현장에서 개방적 탐구와 동료평가 활동이 더욱 성공적으로 이루어지기 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 학생들은 하나의 탐구문제가 해결된 이후 후속되는 탐구문제를 정해 2차 탐구, 3차 탐구를 진행하고 싶어 하는 경우가 많았다. 따라서 하나의 탐구문제로 탐구를 수행한 후 동료평가하고 후속되는 탐구를 진행하면 동료평가와 개방적 탐구의 양상이 달라질 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구의 대상은 초등과학영재 학생들로, 과학에 관심이 많고 과학적 지식이 풍부한 학생들이었다. 따라서 일반 학생들을 대상으로도 연구가 필요하다.

국문요약

이 연구의 목적은 초등과학영재가 동료평가 후에 개방적 탐구를 수행할 때 어떠한 양상으로 개선이 이루어지는가를 알아보는 것이다. 서울시 강서교육지원청 영재원 과학분야 소속 학생들은 총 3회에 걸쳐 개방적 탐구와 동료평가를 실시하고 탐구 보고서를 제출하였다. 학생들의 개방적 탐구는 초등학생의 개방적 탐구 활동 평가 준거에 의해 평가되었다. 이후 동료평가 활동 모습과 비교하여 세 번에 걸친 개방적 탐구가 개선되는 양상을 분석하였다.

연구 결과에 의하면 첫째, 동료평가 활동 시 피드백이 빈번하거나

하나의 피드백에 대하여 오랜 시간 여러 의견이 오고갔던 평가 준거의 경우 평가 점수가 향상하였지만 피드백이 활발히 오고가지 않았던 평가 영역의 점수는 대부분 비슷하거나 소폭 향상하였다. 둘째, 초등과학영재가 동료평가를 통해 개방적 탐구 수행을 개선하는 유형을 세 가지로 분류할 수 있었다. 첫 번째 유형은 자신의 모둠이 받은 피드백을 수용하고 적용하는 유형이었고, 두 번째 유형은 다른 모둠이 받은 피드백을 바탕으로 본인의 탐구를 반성하여 개선이 이루어지는 유형이었으며, 마지막 유형은 별다른 피드백 없이도 다른 모둠의 개방적 탐구 발표를 듣는 것만으로도 스스로 반성이 이루어지는 유형이었다. 셋째, 초등과학영재가 동료평가를 할 때 피드백을 제공하는 방식에는 5가지 유형이 있었다. 즉, 탐구 내용을 이해하기 위한 피드백, 깊이 생각하지 않고도 동료의 탐구에서 부족한 점을 지적하는 피드백, 탐구의 유용성을 평가하는 피드백, 탐구의 과학적·논리적 타당성을 평가하는 피드백, 구체적인 개선방안을 제시하는 피드백 등이었다. 이 중 두 번째, 세 번째, 네 번째 피드백 유형이 빈도가 가장 높게 나타나 동료평가가 학생들의 비판적 사고력을 기르기 위한 수단이 될 수 있음을 시사한다. 반면 확산적 사고를 촉진하는 다섯 번째 피드백 유형은 드물게 나타나 교사의 지도가 필요하다.

주제어 : 개방적 탐구, 과학적 의사소통, 동료평가

References

- Ausubel, D. P. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning: An Introduction to School Learning*. New York: New York Grune & Stratton.
- Bang, J., Choi, C., Choi, W., & Jeong, D. (2006). The Effects of Inquiry Learning Applying Open-Ended Hypothesis-Testing Learning Model: On the 'Metals and Their Applications' Unit in Chemistry I. *Journal of the Korean Chemical Society*, 50(5), 385-393.
- Bell, L. R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction: assessing the inquiry level of classroom activities. *Science Teacher*, 72(2), 30-33.
- Cavagnetto, A., Hand B. M., & Lori Norton-Meier (2010). The nature of elementary student science discourse in the context of the science writing heuristic approach. *International Journal of Science Education*, 32(4), 427-449.
- Center of Science, Mathematics and Engineering Education(CSMEE) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington D. C.: National Academy Press.
- Chaudron, C. (1984). The effects of feedback on students' composition revisions. *RELC Journal*, 15, 1-14.
- Hedgecock, J., & Lefkowitz, N. (1992). Collaborative oral/aural revision in foreign language writing instruction. *Journal of Second Language Writing*, 1, 255-276.
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79(2), 171-212.
- Kastra, J. (1987). Effects of peer evaluation on attitudes toward writing fluency of 9th graders. *Journal of Educational Research*, 80, 168-172.
- Kim, H., & Song, J. (2004). The Exploration of Open Scientific Inquiry Model Emphasizing Students' Argumentation. *The Korean Association for Science Education*, 24(6), 1216-1234.
- Kim, S., Jeoung, J., & Chun, J. (2010). Development and Application of Evaluation Criteria for Free Inquiry Activity Reports of Elementary School Students. *The Korean Society of Elementary Science Education*, 29(1), 69-85.
- Lee, E., & Kang, S. (2008). The Effect of SWH Application on Problem-Solving Type Inquiry Modules Through Student-Student Verbal Interactions. *The Korean Association for Science Education*, 28(2), 130-138.
- Lee, H., & Lee, J. (2010). The Effect of the Specific Open-Inquiry Lesson on the Elementary Students' Science-related Attitude, Science Process Skill and the Instructing Teachers' Cognition about Open-Inquiry. *The Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 405-420.

- Lee, J., & Kim, S. (2012). Effects of the Peer Review Activities on the Inquiry Experiments Regarding Plant Transpiration. *Biology Education*, 40(4), 494-510.
- Lee, Y., & Kim, D. (2010). The Effects of Free Inquiry Method Based on PBL on Science Process Skill and Self-Directed Learning Characteristics. *The Korean Society of Earth Science Education*, 3(3), 239-247.
- Leki, I. (1990). Coaching from the margins: Issues in written response. In Kroll, B.(Ed.), *Second Language Writing: Research Insights for the Classroom*. New York: Cambridge University Press.
- Lunetta, V. N. (1997). The role of laboratory in school science. In Tobin, D. & Fraser, B. J.(Eds.), *International handbook of science education*, Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.
- Mangelsdorf, K. (1992). Peer reviews in the ESL composition classroom: What do the students think? *ELT Journal*, 46, 274-284.
- Nancy, M. T. (2009). Interactive learning through web-mediated peer review. *Education Tech Research*, 57, 685-704.
- National Research Council(NRC) (2000). *Inquiry and the national science education standards: a guide for teaching and learning*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Park, J., Kim, J., & Bae, J. (2001). The Effect of Free Inquiry Activities on the Science Process Skills and Scientific Attitudes of Elementary School Students. *The Korean Society of Elementary Science Education*, 20(2), 271-280.
- Park, S., Kang, S., & Jang, E. (2010). The Effect of Peer Review Activities on Qualitative Changes in Lab Reports. *The Korean Association for Science Education*, 30(8), 988-1001.
- Roth, W. M. (1995). *Authentic school science*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.
- Schwab, J. J. (1960). Inquiry - the science teacher and the educator. *The Science Teacher*, 27(10), 6.