

동료 검토 활동이 실험보고서의 질적 변화에 미치는 영향

박성혜 · 강성주* · 장은경

한국교원대학교

The Effect of Peer Review Activities on Qualitative Changes in Lab Reports

Park, Sung-Hye · Kang, Seong-Joo* · Jang, Eun-Kyung

Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this research was to investigate how the peer review activity of lab report in the problem-solving experiment effected on the description ability and the quality improvement. The students who were taking the general chemistry experiment course were the subjects for this study. They finished lab reports and received peer review from their peers more than two times. The students who got feedback answered on peer review, revised their reports, and subsequently, completed final reports. The result showed that peer review affected the qualitative improvement of the lab report, specially in the process of ‘designing experiment’ and ‘drawing conclusion and evaluation’. Students could organize their thoughts through writing lab reports. During this process, peer review activities provided the opportunity of self-examination and the way for viewing as objective standpoint. Moreover, the activities established communication fields for exchanging mutual opinions and learning.

Key words: Peer review, lab report, problem-solving experiment

I. 서 론

과학자들이 의견을 교환하고 논쟁하는 활동은 과학에서 중요하다(Fuller, 1997; Taylor, 1996). 특히 Kuhn(1993)은 과학자의 새로운 생각이 과학지식으로 수용되는 과정에서 실험기구를 조작하고 실험을 수행하는 실제적 활동만큼, 실험계획 혹은 결과를 해석하고 그 해석을 다른 과학자들에게 설득하고 공동체의 합의를 이끌어내는 논증활동을 강조했다. 과학자들은 이러한 의사소통 과정을 통하여 서로 피드백을 주고받고, 서로의 의견을 검토한다. 예를 들어, 저자는 논문이 저널에 등재되기 전까지 전문가로부터 심사를 받고, 심사 과정에서 심사자와 서로 의견을 교환하면서 새로운 대안적인 해석이 떠오르기도 하고, 자신의 논문을 다른 관점으로 바라보게 된다. Cunningham과 Helms(1998)은 이러한 비판적인 점검이 과학 활동의 중요한 특징이며, 과학의 질을 높이는데 기여한다고 기술했다. 이러한 모든 의사소통의 과정은 과학자들

이 과학적 지식을 형성하는데 있어서 필수적이다. 이러한 의미에서 학생들의 과학탐구 활동에서도 진정한 과학탐구를 경험하기 위해서는 의사소통 과정이 매우 중요하다. 과학 탐구는 단순한 실험 활동이 아니라 과학적 의사소통이 이루어지는 문제해결과정이기 때문이다(Watson *et al.*, 2004).

과학 탐구에서 관찰이나 실험을 통해 결과를 얻는 것에 그치지 않고, 과학적 의사소통 과정을 통하여 이들 증거를 이론과 연결하여 말하는 것이 중요하다(오진아 *et al.*, 2008). 학생들은 과학적인 의사소통을 통하여 다른 사람의 생각과 자신의 생각을 비교하면서 자연현상을 객관적으로 바라보는 안목을 기를 수 있고, 다른 사람의 의견을 존중하는 과학적 태도를 배울 수 있다.

학생들은 말이나 글을 통해 교사나 동료들과 의사소통을 하는데, 탐구 실험 수업에서 학생들이 작성하는 실험보고서는 자신의 생각을 글로 표현하는 의사소통 방법 중의 하나이다. 실험보고서를 기술할 때는 주장

*교신저자: 강성주(sjkang@knue.ac.kr)

**2010.03.29(접수) 2010.06.18(1심통과) 2010.11.16(2심통과) 2010.12.13(3심통과) 2010.12.14(최종통과)

과 그 주장을 뒷받침하는 근거를 제시하여 논리적으로 구성해야 하며, 이러한 과정에서 검토 과정은 중요한 역할을 한다. 검토 활동은 자기 스스로 할 수 있고, 같은 수준의 동료들과 함께 할 수 있으며, 전문가를 통해서도 할 수 있다. 특히 동료 검토 활동에서의 상호간의 피드백은 같은 눈높이의 동료들끼리 서로의 학습내용을 확인하면서 잘못된 부분을 고쳐주기도 한다. 그리고 동료의 학습태도에 대해 상호간의 피드백을 교환하면 학습성취, 사회성 발달, 자긍심 함양 등 학습의 여러 측면에서 긍정적이라는 연구(한정희, 2002)가 보고되었다. 또한 Nancy(2009a)는 자기 스스로 자신의 보고서를 검토하는 것보다 동료가 검토해 주는 경우에 보고서가 명료하게 개선되고, 검토를 해주는 것보다 받는 것이 보고서를 수정할 때에 훨씬 더 큰 역할을 한다고 밝혔다. 이 연구에서 학생들은 동료 검토 과정이 '자기 생각을 바꿀 수 있는, 더욱 비판적으로 생각할 수 있는, 통찰의 기회'를 제공한다고 밝혔다.

동료 검토 활동에서 실험보고서를 작성한 사람은 피평가자(Reviewee), 실험보고서를 검토하여 피드백을 주는 사람은 평가자(Reviewer)로 역할을 구분한다. 평가자는 동료의 보고서를 검토함으로써 상대방의 보고서를 진단하고, 잘못된 부분과 잘된 부분을 정리하며, 그것에 대하여 피드백을 제공한다. 반면에 피평가자는 동료들의 피드백을 받음으로써 자신의 보고서에 대해 객관적으로 바라보고, 자신이 알고 있는 과학적 지식에 대하여 다시 점검할 수 있다(김민정, 2005).

학생들의 동료 검토 활동은 과학자들이 전문적인 커뮤니티에서 자연 현상에 대해 지식주장을 하고, 개정하고, 공표하는 등의 상호작용을 하는 것과 같은 기회를 제공한다(Nancy, 2009b). 이러한 활동을 통하여 첫째, 비판적인 사고 능력을 향상시킬 수 있고, 자연 현상을 객관적인 입장에서 바라보며, 편견을 최소화할 수 있다. 둘째, 과학 글쓰기 능력을 신장시켜 자신의 주장을 논리적으로 표현할 수 있다. 셋째, 하나의 주제와 다른 주제를 연결함으로써 과학적 지식이 발전하고, 지식을 더 깊게 이해하게 되며, 과학의 본성을 배울 수 있다(Widanski, 2006). 또한 동료 검토 과정과 그 과정에서 이루어지는 과학 글쓰기는 학생들을 평가하는 데에도 타당한 도구로 활용할 수 있다(Gerdeman *et al.*, 2007).

Berry와 Fawkes(2010)은 분석물리 과정 및 무기 합성 과정의 서로 다른 수업을 듣는 대학교 2학년 학

생들을 대상으로 연구하였다. 같은 수업을 듣는 학생들끼리 조를 구성하고, 조마다 서로 다른 실험을 돌아가며 수행한 후 단계별로 저널 형식의 실험보고서를 작성하였다. 학생들은 점진적인 동료 검토 기술을 활용하여 같은 조의 동료 보고서를 보고 서로 논평을 하였다. 그 결과, 학생들의 글쓰기 능력이 향상되어 보고서가 효율적이고 세련되게 변모하였음을 알 수 있었다. 또한 Gragson와 Hagon(2010)은 대학교 3~4학년 화학 전공 학생들을 대상으로 물리화학 실험을 수행한 후 그룹보고서를 작성하게 하였다. 그 후 IWG(Integrated Writing Guide)와 CPR(Calibrated Peer Review) 같은 가이드라인이 제시된 교수학습 도구를 이용하여 학생들이 화학자들처럼 글을 쓸 수 있도록 저널 형식의 순환 글쓰기를 연습시켰다. 그 결과, 과학자들의 동료 검토 과정과 같은 순환 글쓰기 과정을 밟는 학생일수록 검토하고 교정하는 능력이 향상되어 완벽한 보고서를 기술했다. 따라서 학생들이 이러한 동료 검토 활동을 통하여 훈련될수록 과학 글쓰기 능력이 향상될 수 있다. 하지만 두 연구는 심화된 화학 전공 수업을 수강하는 학생들을 대상으로 했으므로 고등학교 교육과정의 화학을 학습한 일반적인 수준의 학생들에게까지 연구의 범위를 넓혀 그 효과를 검증할 필요가 있다.

지금까지의 과학 교육 탐구활동은 실험 위주로만 진행되거나, 실험과정에 필요한 수공적인 기술을 체득하는 활동에 치우쳐 있었다(장신호, 2004). 또한 학생들은 어떻게 탐구 실험을 설계하고, 발달시키며, 수행되었는지에 의견을 공유할 기회가 없었다(김희경과 송진웅, 2004; Gallagher & Tobin, 1987; Krajcik *et al.*, 1998). 실질적 과학 탐구 활동은 개인의 지적 과정으로만 이루어지는 것이 아니며, 동료 간의 협동으로 서로 정보를 주고받음으로써 서로의 지식을 공유하면서 이루어진다(박영신, 2006). 이러한 문제점을 동료 검토 활동을 통하여 극복하고자 한다.

동료 검토 활동은 교육의 전반적인 분야에서 활용되며, 특히 국어교육과 영어교육에서는 학생들이 작문할 때 많이 활용한다. 국어 교육에서의 동료 검토는 자기 검토와 교수 검토보다 주제의 적절성, 내용의 일관성, 문장 수정 면에서 월등히 효과적임이 밝혀졌다(정희모와 이재성, 2008). 영어 교육에서는 자기 검토가 동료 검토와 교수 검토보다 효과가 떨어지고, 글쓰기 기술이 뛰어난 숙련된 학생일수록 자기 검토와 동

료 검토가 유익하다는 연구를 발표했다(강동호, 2008). 하지만 아직 과학교육에서는 그 중요성에 대한 인식이 부족하며, 그것과 관련된 연구가 활발하지 않은 실정이다.

또한 동료 검토 활동을 과학교육에 이미 적용한 선행 연구도 대부분 과학 논술 및 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH)(남정희 등, 2008; Cavagnetto, *et al.*, 2010; 이은경과 강성주, 2008)에 국한되어 있다. 글쓰기를 통한 과학학습법(SWH)은 과학적 논의에 학습 방법을 결합한 것으로써 과학적 탐구와 개념 이해를 목적으로 한다. SWH는 동료 검토 활동과 크게 두 가지 측면에서 차이가 있다. 첫째, SWH는 자기 검토 과정을 거쳐 글을 쓰는 동안 자신의 생각을 정리한다. 그에 반해 동료 검토 과정은 자기 검토뿐만 아니라 동료의 피드백을 받아봄으로써 다른 사람의 생각을 검토하고 자신의 생각을 정리하여 반추할 수 있는 기회를 제공한다. 둘째, SWH는 실험 과정 중에 이루어지는 활동이지만, 동료 검토 활동은 실험을 마치고 작성한 보고서를 작성한 후에 이루어진다.

과학 교육에서 탐구 실험 활동이 차지하는 비중은 매우 크다. 그러한 탐구 실험을 수행하는 동안 또는 그 이후에 학생들이 작성하는 실험보고서는 학생들의 사고과정이 여실히 드러난 결과물으로써 그것을 분석하는 것은 큰 의미가 있다. 탐구 실험 수업에서 학생들이 작성하는 실험보고서는 자신의 생각을 글로 표현하는 의사소통 방법 중의 하나이므로 독자와 소통할 수 있도록 구체적이고 논리적으로 작성되어야 의미를 분명히 전달할 수 있다. 하지만 일반적인 학생들의 보고서는 그렇지 못한 경우가 많다. 또한 실험보고서는 글쓰는 기술을 개발할 수 있는 논리적인 활동의 장이지만 많은 화학 실험실에서 이러한 기회를 제대로 활용하지 못한다(Kovac과 Sherwood, 2001).

이에 이 연구는 학생들이 일반화학 실험을 통해서 어떠한 동료간의 의사소통을 경험하는지, 그리고 이러한 활동을 통해 학생들의 실험보고서가 얼마나 '과학적'으로 변할 수 있는지를 보여주고자 한다. 이 연구에서 '과학적'이란 글쓰기의 구체성과 과학 탐구과정의 논리성이라고 조작적 정의를 할 수 있으며, 적극적인 의사소통이 많은 "알카셀처를 이용한 POP실험"을 선정하였다.

II. 연구 방법

탐구 실험을 수행하며 작성된 실험보고서를 동료들의 검토하고, 그 과정에서 학생들이 어떻게 과학적 지식을 형성하는지, 어떻게 과학의 본성을 이해하는지, 어떠한 과학적 태도를 보이는지를 알아보기 위해 다음과 같은 연구방법을 설정하였다.

1. 연구 대상

2008년도 K대학교 1학기 일반화학실험 수강생 23명을 대상으로 문제해결형 탐구실험과 동료 검토 활동을 수행하도록 하였다. 심화된 전공 수준이 아닌 일반적인 수준에서 자유자재로 탐구 실험을 수행할 수 있는 대학교 1학년 학생들을 대상으로 선정하였다. 또한 문제해결형 탐구 실험은 실험을 수행하는 과정에서 문제가 발생하며 이를 해결하는 과정을 학습하기 위한 실험으로써 학생들이 과학자의 사고 과정을 경험할 수 있고(임희영과 강성주, 2009), 학생 스스로 탐구 과정을 수행할 수 있기 때문에 선정하였다. 그리고 학생들이 자유롭게 능동적으로 의사결정을 하고, 탐구 과제를 수행할 수 있도록 조를 구성하여 실험을 수행하도록 했다. 따라서 조별로 아이디어가 다르며 같은 조원끼리는 합의를 거쳐 자기 조의 아이디어를 정리했다. 실험 조원은 총 8개의 조로 7개 조는 3명씩, 1개조는 2명으로 이루어졌다. 동료 검토 활동에서 하나의 실험보고서는 동료 1인에 의해서 피드백을 받게 되었다. 피드백을 해주는 동료 1인은 같은 수업을 듣는 수강생 중 다른 조의 학생을 연구자 임의대로 선택했다. 따라서 모든 학생은 누구인지 모르는 다른 학생의 피드백을 받으면서 동시에 피드백을 해주는 역할을 수행하였다.

2. 동료 검토 활동

동료 검토 활동을 함으로써, 학생들은 평가자의 입장과 피평가자의 입장을 모두 경험하게 된다. 학생들은 처음보고서를 작성한 후에 동료 1인에 의하여 2차례 검토를 받는다. 1차 검토를 통하여 평가자와 피평가자 사이에서 서로 의견을 교환한다. 2차 검토에서 평가자는 피평가자가 평가자의 의견을 반영했는지 여부를 확인하고, 미처 검토하지 못한 부분을 추가한다.

그리고 수정된 내용에 대해서 서로 새로운 의견을 교환한다. 평가자와 피평가자 사이에 다양한 의견을 교환하며 피드백을 주고 받는다. 그 후 피평가자는 보고서를 수정하여 최종보고서를 작성하여 제출한다. 동료 검토 활동의 전체적인 흐름은 그림 1과 같다.

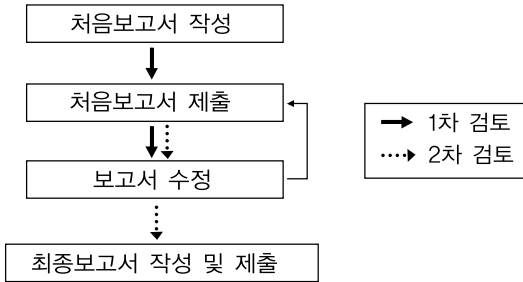


그림 1 Peer Review 과정

1) 처음보고서 작성

실험 후, 조별로 실험 결과에 대해 논의하고 가이드라인 없이 자신만의 스타일로 개별적인 처음보고서를 작성한다. 교사가 실험보고서의 형식을 제시하지 않으므로 학생들은 자유롭게 보고서를 기술한다. 실험 수업이 끝난 후 학생들이 잘 모르는 부분을 직접 찾아 보고, 워드 작업으로 보고서를 작성할 수 있도록 충분한 시간을 배려한다. 학생들은 보고서를 작성한 후 연구자에게 이메일을 통해 제출한다.

2) 1차 검토(Review)

1차 검토 활동에서는 동료 1인이 각각의 처음보고서를 검토하고, 피드백을 기술한다. 이때 연구자는 이메일로 취합한 학생들의 처음보고서에서 해당 학생의 이름을 지우고, 다른 조의 학생들에게 그 보고서를 각각 1편씩 이메일로 전달한다. 학생들은 누구의 보고서인지 모르는 다른 조원의 보고서를 받게 되고, 스스로가 평가자가 되어 객관적으로 평가하고 검토 의견을 기술한다. 검토를 할 때는 개방된 상태에서 내용적인 면, 기술적인 면 등을 전체적으로 고려한다. 검토가 마무리되면 학생들은 다시 연구자에게 검토를 이메일로 제출한다. 연구자는 전 학생의 실험 보고서를 검토하고 피드백을 준다. 또한 동료로부터 검토를 제대로 받지 못한 부분에 대해서는 추가적으로 검토한다.

3) 1차 실험보고서 수정

연구자가 취합한 검토된 보고서를 학생에게 돌려준다. 이때 검토가 동료 또는 연구자의 것인지를 구분하지 않는다. 검토를 받은 학생은 피평가자가 되어 자신의 실험보고서에 대한 동료의 검토의견을 바탕으로 보고서를 수정한다. 또한 동료에게 받았던 검토의견에 대해 질문, 반박, 감사 여러 가지 답변을 한다. 수정된 보고서와 검토에 대한 답변을 다시 연구자에게 이메일로 제출한다.

4) 2차 검토

1차 검토 활동과 같은 방식으로 진행되며, 1차 검토 활동을 할 때 검토했던 같은 동료의 보고서를 다시 받게 된다. 그리고 수정된 보고서와 검토에 대한 답변을 읽고, 새로운 검토를 해주거나 또는 1차 답변에 대한 답변을 제시할 수도 있다. 검토가 마무리되면 학생들은 다시 연구자에게 검토를 이메일로 제출한다.

5) 최종보고서 작성

연구자가 취합한 검토를 본인에게 돌려준다. 검토를 받은 학생은 자신의 실험보고서에 대한 동료의 검토의견을 바탕으로 보고서를 수정하고 최종보고서를 작성한다.

3. '알카셀처를 이용한 POP' 실험

'알카셀처를 이용한 POP 실험'을 적용하였으며(이화정과 강성주, 2005), 이때 실험에서 사용된 '알카셀처'는 제산제의 일종으로 물에 넣으면 이산화탄소를 발생시키는 성질이 있다. 필름통에 약간의 증류수를 담아 알카셀처를 넣고 뚜껑을 닫으면, 알카셀처가 물에 녹아서 그 속에 들어있던 산과 염기가 반응한다. 이 때 발생하는 이산화탄소는 필름통 안에 차서 필름통 안의 압력을 높인다. 압력이 점점 상승하다 더 이상의 압력을 견디지 못한 뚜껑이 'POP' 하고 열리게 된다. 학생들은 일정량의 증류수에 알카셀처를 넣고 뚜껑을 닫은 뒤, 그 뚜껑이 열릴 때까지의 시간을 측정하였다. 또한 증류수의 양을 늘려 같은 실험을 수행하였다. 학생들이 알카셀처의 반응속도에 영향을 줄 수 있는 변인을 찾고, 탐구 실험을 수행하는 것이 이 실험의 목표이다. 이 실험은 여러 변인 중에서 특히

필름통의 빈 공간의 크기와 이산화탄소 생성 속도에 영향을 받는다. 이 두 요인이 복합적으로 작용하기 때문에 학생들 사이에서 필름통이 'POP' 하는 시간에 대하여 많은 논쟁을 벌일 수 있다. 따라서 학생들의 의사소통을 활발하게 할 수 있는 이점이 있는 실험이기에 이 실험을 선정하였다. 실험보고서는 매뉴얼이 주어진 실험 I 과 매뉴얼이 없는 실험 II로 나누었으며 그 형식은 표 1과 같다.

1) 실험 I

실험 I 은 실험을 실시하기 전에 실험 결과를 예상하고, 그 근거를 조별 토의한다. 그 후에 실험을 실시하여 실험 결과를 얻고, 예상과 실험 결과를 비교하여 설명하는 과정이다.

2) 실험 II

실험 II는 'POP'의 속도에 영향을 주는 변인을 찾고, 변인들 사이의 관계를 확인하는 단계로써 실험을 설계하고 수행한다. 이 단계는 학생들이 실험 결과를 바탕으로 일반화하는 과정이기 때문에 통합형 탐구 과정인 문제인식 및 가설설정, 실험 고안, 자료 수집, 자료변환 및 해석, 결론 및 평가가 나타난다.

4. 실험보고서 평가들 개발

실험보고서는 실험 수행 과정과 사고 과정을 포함하는 통합적 탐구 과정 기능들이 나타난다. 전체 실험 보고서 중 탐구 과정이 잘 드러나고, 학생들이 형식에 얽매이지 않고 자유롭게 기술한 실험 II 부분에 대해 남정희(1996)의 평가 도구를 참고하고, 교수 1인과 중등 교사 3인이 함께 검토하여 수정 및 보완하였다. 총

6 단계로 제시된 기존의 평가들에서 '결론도출'과 '평가'를 합쳐 총 5 단계로 축소하여 '문제인식 및 가설설정', '실험고안', '자료수집', '자료변환 및 해석', '결론 및 평가'로 구성하였다. 또한, 0점부터 10점까지 2점 간격으로 나뉘어졌던 평가척도를 1점부터 5점까지 1점 간격으로 조정하고, '평가의 관점'을 이 연구의 상황에 맞게 수정하였다. 평가 척도 값이 같으면 단계가 달라도 어떠한 상황인지 유추할 수 있도록 개발하였다. 평가점수 1점은 각 단계에서 나타나야 할 부분이 전혀 나타나지 않는 경우이며, 평가점수 2점은 반응속도에 영향을 미치는 요인이나 실험 목적에 옳지 않은 변인을 나타낸 경우이다. 평가점수 3, 4, 5점은 각 과정에서 반응속도에 영향을 미치는 요인으로 나타내었지만 실험보고서에 기술된 관점에 따라서 평가점수를 달리하였다.

5단계의 탐구 과정 중에서 동료검토 활동을 통하여 실험보고서 점수가 크게 향상된 대표적인 단계는 표 2에 제시되었다.

III. 결과

실험을 수행하는 것뿐만 아니라 그 결과를 실험 보고서로 기술하는 과정도 탐구 활동에서 매우 중요하다. 동료 검토 활동 전과 후의 실험보고서를 평가하고, 그 결과를 분석하여 내용적·형식적인 측면에서 보고서가 얼마나 논리적이고 명확해졌는지 살펴보고자 한다. 또한 학생들이 실험 결과로부터 어떠한 결론을 내리는지 그 탐구 과정에 대해 논의하고자 한다.

표 1 알카셀처를 이용한 POP 실험 보고서 내용

실험	단계	내용
실험 I	Predication	1) 알카셀처의 성분을 확인하고 증류수와 어떠한 반응을 일으킬지 예상한다. 2) 증류수의 부피에 따라 알카셀처의 반응 시간이 어떻게 변할지 예상한다.
	Exploration	1) 필름통에 증류수 5mL와 알카셀처 1정을 넣고 'POP' 시간을 측정한다. 2) 동일한 방법으로 증류수의 양을 10, 15, 20, 25mL로 늘여 실험한다.
	Observation	실험 후 관찰한 것을 기록한다.
	Explanation	예상한 결과와 실험한 결과를 비교하여 설명한다.
실험 II	Further Investigation	1) 'POP' 현상이 일어나는 속도에 관련된 요인들을 찾는다. 2) 검증할 수 있는 실험을 설계하고 수행한다.
	Result & Discussion	실험 결과를 정리하고 논의한다.

표 2
‘문제인식 및 가설설정’ 과 ‘실험고안’ 단계의 평가틀(남정희, 1996 수정)

단계	평가의 관점	평가 척도
문제인식 및 가설설정	• 가설을 세우지 않았다.	1
	• 실험의 목적에 맞는 변인을 고려하지 못한다.	2
	• 독립변인과 종속변인이 불완전하며, 과학적 근거가 제시되어 있지 않거나, 잘못된 근거를 제시하였다.	3
	• 독립변인과 종속변인을 완벽하게 제시하나, 과학적 근거가 부족하거나 잘못된 근거를 제시하였다.	4
	• 과학적 지식을 근거로 하여 논리적이고 구체적으로 가설을 세웠다.	5
실험 고안	• 실험 설계에 대해 세우지 않았다.	1
	• 실험설계를 하였지만 목적에 맞지 않는다. (독립변인의 영향을 알아보기 위한 실험 설계를 하지 못한다.)	2
	• 구체적인 실험설계와 변인 통제가 나타나지 않았다.	3
	• 순서에 맞게 실험을 구체적으로 설계 하였으나 통제 변인에 대한 언급이 없거나 빠져 있다.	4
	• 변인을 통제하고, 전체적 실험 설계에 따라 구체적인 실험 절차를 제시하였으며, 정확한 관찰과 측정을 위한 적절한 기구도 제시한다.	5

1. 각 과정별 실험보고서 평가와 피드백 비교

학생들은 조별로 ‘알카셀처를 이용한 POP’ 실험을 실시한 후, 형식에 얽매이지 않고 자유롭게 개별 실험 보고서를 작성하여 1주일이 지난 뒤 제출하였다. 실험 보고서 중 통합적인 탐구 과정을 알 수 있는 실험Ⅱ 부분을 평가틀에 근거하여 평가하였다.

처음보고서는 동료 검토 활동을 통하여 수정되었으며 최종보고서로 완성되었다. 동료 검토 활동에 의해 보고서의 각 과정별 평가 점수의 변화와 피드백 수는 표 3과 같다.

표 3
‘각 과정 별 보고서 평가 점수와 피드백 수

과정	보고서 평가 점수			피드백 수
	처음	최종	차이	
문제인식 및 가설설정	2.17	2.78	0.61	18
실험고안	2.87	3.48	0.61	48
자료수집	4.74	4.78	0.04	2
자료변환 및 해석	4.09	4.17	0.08	9
결론 및 평가	2.96	3.48	0.52	69
평균	3.37	3.74	0.37	29

동료 검토 후 ‘문제인식 및 가설설정’, ‘실험고안’, ‘결론 및 평가’ 과정의 평가점수가 ‘자료수집’, ‘자료 변환 및 해석’ 과정에 비해 더 상승하였다. 또한, 동료 검토 후 ‘실험고안’, ‘결론 및 평가’ 과정의 피드백 수가 ‘자료수집’, ‘자료변환 및 해석’ 과정에 비해 더 많았다. 즉 피드백 수가 많은 ‘결론 및 평가’, ‘실험고안’ 과정에서 평가 점수도 크게 상승하였음을 알 수 있다. 따라서 위의 5가지 과정 중 동료 검토 후 평가 보고서 평가 점수가 많이 상승하고, 피드백을 많이 받은 ‘문제인식 및 가설설정’, ‘실험고안’, ‘결론 및 평가’ 과정에 대해 논의하고, 전체적인 질적 변화는 결과 2에서 언급하고자 한다.

학생들은 동료 검토 활동을 통해 피드백을 무비판적으로 받아들이기 보다는 서로 의견을 주고받음으로써 자신의 주장을 공고히 하고 상대방의 의견을 수렴하는 논의의 기회가 주어졌으며, 그러한 과정이 ‘결론 및 평가’ 부분에서 두드러지게 나타났다. ‘결론 및 평가’ 과정의 피드백은 전체 146개 중 69개(47%)를 차지하며, 모든 학생들이 피드백을 주고받아 상호작용이 가장 활발한 단계였다. ‘결론 및 평가’ 과정에서의 주된 피드백은 과학적 근거가 빠져 있거나, 과학적 근거를 잘못 제시했을 경우에 이를 지적하는 내용이었다. 학생20은 처음 보고서에 결론이 기술되어 있지 않았으나, 평가자가 처음보고서를 검토한 후 “1) 아세트산으로 실험했을 때는 왜 반응이 일어나지 않았는

지에 대해서 생각해보셨으면 합니다. 2) pH 변화를 준 실험에서 염기성과 산성의 결과를 비교해서 그 원인을 설명해주세요요. 3) 온도가 증가할 때 속도가 증가하는 것을 활성화 에너지와 연관시켜 설명해주셨으면 좋겠습니다.”라는 피드백을 해주었다. 피드백 1)은 화학반응의 매카니즘을 고려하여 과학적 원리를 생각하게 하였고, 피드백 2)는 사고를 확장하여 실험 결과와 결론을 정교하게 이끌어내도록 유도하였다. 피드백 3)은 화학 개념과 관련지어 생각하게 하는 기회를 제공하였다. 이에 학생 20은 피드백을 수용하고, 결론을 이끌어냈을 뿐만 아니라 아세트산 실험이 실패한 이유를 과학적인 원리로 설명하였다.

탄산수소나트륨이 처음부터 산성화된 물에 들어가기 때문에 증류수일 때보다 산과 결합해서 이산화탄소를 내놓을 수 있는 시간이 줄어들기 때문이다. 아세트산에서 반응이 일어나지 않았던 이유는 반응이 일어나려면 물이 있어야 하는데 아세트산은 물을 포함하고 있지 않았기 때문이라고 생각한다.(인터뷰, 학생 20)

또한 인터뷰에서 “동료의 피드백이 보고서 변화에 어떤 도움을 주었는가?”라는 질문에 “인과관계를 고려하여 결론을 뒷받침하는 근거를 제시하게 되었다”는 응답이 많았다. 학생20과 학생6의 인터뷰 사례는 다음과 같다.

논리적 타당성으로 제 근거를 좀 더 강화시키는 게기가 되었어요.(인터뷰, 학생 20)
보고서가 더 논리적으로 되고, 과학적인 근거가 원래 되게 부족했는데 더 첨부하게 되서 좋았던 것 같아요.(인터뷰, 학생 6)

‘실험고안’ 과정에서는 구체적인 실험 과정 및 기구, 변인 통제에 관한 피드백이 주를 이루며, 특히 변인 통제에 대한 피드백이 가장 많았다. 예를 들어, 온도 요인에서는 “일정한 간격의 온도를 변화시키면서 실험하면 더 좋았을 것 같다”, pH 요인에서는 “산성과 염기성의 독립변인을 선택했을 때 각각에 pH를 표시하면 더 좋을 것 같다”, “산성을 선택할 때 왜 강산을 선택했는지 왜 약산을 선택했는지”에 대한 피드백이 많았다. 대부분의 학생들은 통제 변인이 빠진 부분에 대해서 누구나 인정하는 내용이므로 피드백을 그

대로 수용하는 편이었다. 하지만 조작 변인에 대한 조언에 대해서는 즉각 수용하기보다는 왜 그러한 지에 대해 다시 질문하였다. 학생들마다 가진 과학적 지식 및 경험이 서로 다르므로 그것을 바탕으로 머릿속에서 변인을 조작했을 때 실험 결과가 서로 다를 것이라 예상했기 때문이다. 평가자와 피평가자 사이에서 변인을 통제하고 조작하는 것에 대해 무비판적으로 받아들이지 않고 다양한 의견을 교환했다. 실험과정 및 기구에 대한 피드백은 보고서에 실험 과정이 전혀 나타나지 않거나, 한두 가지 빠진 경우 또는 실험 기구를 기록하지 않은 경우로 피드백을 받은 대부분의 학생들은 보고서를 수정하였다. 실험과정과 기구에 대해 기술하라는 조언에 대해서는 다양한 의견이 제시될 내용이 아니므로 피드백을 그대로 수용하였다.

학생2는 처음보고서에 “우리 조는 온도를 변화시키면서 POP까지의 시간을 측정해보았다.”라고만 기술하고 실험 설계의 구체적 과정이 제시되어 있지 않았다. 그러나 평가자의 “실험 설계에서 실험을 어떻게 진행하였는지에 대한 설명을 자세히 추가하면 더 좋을 것 같습니다.”라는 평가를 받은 후 다음과 같이 보고서를 수정했다.

온도를 달리하는 실험

- ① 필름통에 10℃ 증류수 5mL를 피펫을 이용해 넣는다.
- ② 알카셀처 1정을 넣고 뚜껑을 닫아 초시계를 이용하여 POP까지의 시간을 측정한다.
- ③ 온도를 10℃씩 올려가며 POP까지 시간을 측정한다.

온도와 부피에 대해 정확한 수치와 단위를 기록하여 독자로 하여금 실험을 얼마나 정확히 하였는지 실험 상황에 대해 자세히 알 수 있다.

‘문제인식 및 가설설정’ 과정은 ‘결론 및 평가’, ‘실험고안’ 과정에 비해 피드백의 수가 적었음에도 불구하고 보고서의 평가 점수가 크게 상승하였다. 이것은 처음보고서에 가설을 전혀 제시하지 않았던 학생들이 피드백을 받은 후 과학적인 가설을 세워 평가점수가 크게 상승하였기 때문이다. 이는 학생들이 보고서에 가설을 설정하고 기술하는 것이 습관화되지 않았기 때문이다.

2. 실험보고서 질적 개선

동료 검토 활동이 실험보고서의 내용 및 형식적인 측면에서 어떠한 질적 변화가 일어나는지 살펴보았다. 과학적인 근거를 제시하여 보고서의 내용이 논리적으로 변하고, 시각자료를 활용하거나 명료하고 구체적으로 기술하여 보고서가 이해하기 쉬운 형태로 변화했을 때 실험보고서가 질적으로 개선되었다고 판단하였다.

1) 내용의 변화

실험보고서는 관찰한 내용을 종합적으로 정리하고, 분석하여 결론을 이끌어내는 총체적인 과정을 기술한 것이다. 따라서 주장과 그 주장을 뒷받침하는 설득력 있는 근거 및 관련 자료들을 충분히 제시하여 보고서를 일관되게 논리적으로 작성하는 것이 중요하다.

동료 검토 활동 후, 과학적인 근거를 제시하여 주장을 정당화하고, 실험 과정에서 나타나는 문제점에 대한 해결방안을 제시하고, 논리적인 비약없이 일관되게 서술하는 등 실험보고서가 논리적이고 과학적으로 변화하였다.

가) 과학적 근거 제시

동료 검토 과정을 경험하면서 실험 결과를 설명할 때 반응메카니즘, 화학반응식, 상수 등과 같은 과학적인 근거를 제시했다. 학생 10은 처음보고서에 ‘알카셀처와 반응하는 액체의 pH’에서 ‘용액이 산성일 때 반응속도가 빠르고, 염기성일 때 반응속도가 느릴 것이다’는 결과 추론만 기술되어 논리적인 설명이 부족했다. 이에 평가자가 “염기성일 때 반응이 느리게 일어나는 이유를 좀 더 구체적으로 제시하여 주면 좋겠습니다.”라고 피드백을 해주었다.

처음보고서: 산의 세기가 세다면, CO₂기체도 빠르게 나올 것이다. 반대로 염기성은 느리게 진행될 것이라고 생각이 된다.

최종보고서: 염기성은 알카셀처 안에 포함되어있는 시트르산과 아스피린(아세틸살리실산)과 탄산수소나트륨이 반응하는데, 염기성 용액이라면 시트르산(C₆H₈O₇)과 아스피린(C₉H₈O₄)이 염기성 용액과 반응해버리기 때문에 상대적으로 탄산수소나트륨과 반응할 산이 적어져서 CO₂의 발생이 적어질 것이다.

시트르산과 아스피린이 물에 녹아 내놓는 수소이온은 탄산수소이온과 반응하여 물과 이산화탄소를 생성한다. 학생 10은 용액이 염기성이라면 용액 속에 들어있는 염기와 수소이온이 먼저 반응하여 물을 만들기 때문에 탄산수소이온과 반응할 수소이온의 수가 줄어들어 이산화탄소가 느리게 발생하고, 따라서 POP 속도가 느려질 것이라고 설명하였다.

또한, 학생 22는 알카셀처가 물에 녹을 때 이산화탄소가 발생하여 폭발적인 반응이 일어나는 것을 보고, 알카셀처의 성분인 탄산수소나트륨이 물에 녹아서 이산화탄소가 발생하는 것이라 예상했다. 그래서 탄산수소나트륨에 물을 넣어 실험을 해보았으나 알카셀처와 물의 반응처럼 이산화탄소가 폭발적으로 발생하지 않는 것을 관찰했다. 따라서 탄산수소나트륨과 물이 반응할 때 시트르산과 아스피린이 영향을 줄 것이라 생각하고 처음보고서를 기술했다. 평가자가 처음보고서를 검토한 후 “탄산나트륨, 시트르산, 아스피린의 Ka값을 비교한다면 반응의 진행을 예측하는데 용이할 것입니다.”라는 피드백을 주었다.

처음보고서: NaHCO₃가 물에 녹으면 CO₂가 발생한다고 예상하였다. 실제로도 맞는지 확인하기 위해 증류수에 Alka-Seltzer에 포함된 양만큼 NaHCO₃을 넣어 보았는데, Alka-Seltzer처럼 폭발적인 반응이 나타나지 않았다. ...중략... 일단 시트르산과 아스피린이 물에 녹아 H⁺을 내놓으면 NaHCO₃과 반응하고, 발생한 CO₂기체가.....

최종보고서: NaHCO₃가 물에 녹으면 CO₂가 발생한다고 예상하였다.(중략) Alka-Seltzer처럼 폭발적인 반응이 나타나지 않았다. ...중략... 실제로는 이온화도가 제일 높은 시트르산의 H⁺가 NaHCO₃가 주로 반응하고..... <NaHCO₃ pKa=6.3, 시트르산 pKa₁=3.15 pKa₂=4.77 pKa₃=6.40, 아스피린 pKa=3.5> 일단 시트르산과 아스피린이 물에 녹아 H⁺을 내놓으면 NaHCO₃과 반응하고, 발생한 CO₂기체가.....

피드백 후, 다음의 알짜이온반응식(H⁺ + HCO₃⁻ ⇌ H₂O + CO₂)을 이용하여 반응 메카니즘을 설명하였다. 학생 22는 알카셀처의 각 성분들의 pKa 값을 조사하여, 시트르산의 pKa(=3.15) 값이 아스피린의 pKa(=3.5) 값보

다 작다는 것을 알게 된다. 따라서 시트르산이 아스피린보다 먼저 이온화되어 수소이온을 내놓고, 수용액 속에 있는 탄산수소이온과 먼저 반응할 것이라고 최종보고서에 기술했다. 즉, 동료 검토 활동 후 과학적 원리가 구체적이고 논리적으로 기술되었다.

나) 예외 현상 서술

예외 현상이란 예상과 전혀 다르거나 일관되지 않은 결과가 얻어졌을 때를 의미한다. 피평가자는 동료 검토를 통하여, 처음보고서에 설명하지 못했던 예외 현상을 재해석하여 서술하였다. 이것은 동료 검토를 통하여 처음 보고서를 기술할 때 보다 좀 더 다양한 변인을 고려하고, 부분이 아닌 전체를 설명하려 했다는 것을 의미한다. 이러한 훈련은 통합적인 탐구능력을 향상시킬 수 있는 밑거름이 된다. 대표적인 사례는 다음과 같다.

학생 10은 그림 2의 실험 결과인 '증류수의 양에 따라 알카셀처의 POP 현상이 일어나는 시간이 다른 이유'를 보고서에 설명하였다. 처음보고서에서 증류수의 양이 늘어나 15mL가 될 때까지 POP 시간이 늘어나는 이유를 평형이동과 용해도로 설명했으나, 15mL 이상인 경우에 대해서는 언급하지 않았다. 이 실험에서 물의 양이 늘어날수록 알카셀처가 희석되어 산염기 중화 반응 속도가 느려져서 이산화탄소의 발생량이 감소한다. 하지만 동시에 물의 양이 늘어날수록 필름통의 빈 공간이 작아지면서 이산화탄소가 그 빈공간을 더 빨리 채우므로 내부 압력이 상승한다. 즉, '이산화탄소의 생성 속도'와 '필름통의 빈 공간' 변인이 서로 경쟁하는 관계이다. 학생 10은 이 두 변인을 동시에 고려하지 못하고 알카셀처 용해에 따른 '이산화탄소 생성 속도'의 변인만 고려하여 결과의 일부분만 설명하였다.

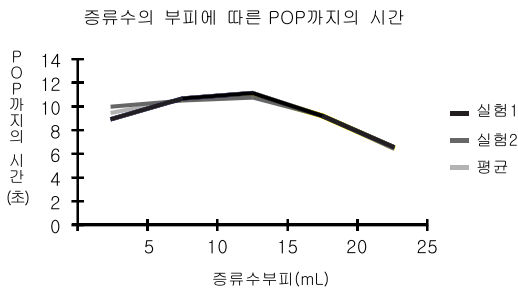


그림 2 학생10의 실험 결과

그러자 평가자가 “15mL까지 ‘POP’의 속도가 느려지는 이유는 적어주셨는데, 20mL부터는 왜 ‘POP’의

속도가 빨라지는지는 빠뜨린 것 같아요.”라고 지적하며 결과를 끝까지 해석하도록 요구했다. 이러한 피드백은 다양한 변인을 동시에 고려하는 능력을 요구한다. 피드백을 받은 후, 증류수가 15mL 이상일 때는 증류수가 많아질수록 필름통 속에 이산화탄소가 찰수 있는 부피가 작아지므로 압력이 빠르게 상승하여 POP 현상이 더 빨리 일어날 것이라 설명했다. 학생 10은 처음보고서에는 예상과 다른 패턴을 보이는 부분(15mL 이상)의 설명에 크게 주목하지 않았으나, 동료 검토 활동 후 이러한 예외적인 현상을 해석하면서 실험 결과의 부분이 아닌 전체를 아울러 설명할 수 있었다. 즉, ‘POP’의 속도에 미치는 두 요인이 있으며 이 두 요인이 서로 다른 방향성을 갖고 있으므로, 속도의 경향성이 변할 수 있다는 것을 설명하였다. 동료 간의 피드백을 통하여 학생들은 과학적 지식이 구성하는 과정을 경험하고, 과학의 본성을 이해할 수 있다.

다) 문제점에 대한 개선 방안 제시

동료 검토를 통하여, 처음보고서에 기술되었던 문제점을 해결할 수 있는 새로운 방안이 제시되는 것을 관찰할 수 있었다. 학생 5의 경우 표면적과 반응속도의 관계를 알아보는 실험에서 알카셀처를 가루로 만들어 표면적을 넓힐수록 반응속도가 빠를 것이라 예상하였다. 그러나 알카셀처 가루가 물과 균일하게 섞이지 않고 오히려 물 위에 떠서 물과 알카셀처가 접촉하는 면적이 예상보다 작아서 예상과 반대의 결과를 얻게 되는 문제가 발생하였다. 처음보고서에서는 이러한 문제점만 기술하여, 해결 방안을 제시하지 않았다. 평가자가 “대책안을 작성하셨으면 좋겠습니다.”라고 피드백을 주었다.

처음보고서: 가루를 낸 알카셀처의 반응속도는 가장 느렸는데 가루를 내어 실험을 할 때에 문제점이 많아서 그렇다. 첫 번째로 ... 두 번째로 ... 반응속도가 느리게 나왔다고 생각한다.

최종보고서: 가루를 낸 것과 조각 낸 것들과의 반응속도 시간을 조사하기 위해서는 필름 통 보다 큰 실험기구를 이용해야 할 것이다. 왜냐하면 필름 통의 경우 표면에 있는 물의 면적이 작아 가루 낸 알카셀처와 반응 할 수 있는 물의 양이 적었다. 삼각플라스크와 같은 필름통보다 표면의 물의 면적이 넓은 실험 기구를 이용하면 가루 낸 알카셀

처와 반응 할 수 있는 물의 양이 많아져 필름통보다 나은 실험 결과를 얻을 수 있을 것이다. ...

피드백을 받은 후, 최종보고서에 필름통보다 큰 실험기구를 이용하면 가루 알카셀처가 물 위에 뜨더라도 물과 접촉하는 면적을 넓힐 수 있으므로 필름통의 실험 한계를 극복할 수 있을 것이라고 제안하였다. 즉, 주어진 실험 환경을 변화시켜 문제점을 개선하고자 하는 방안을 제안하였다. 이러한 과정은 또 다른 탐구로 이어지는 가교 역할을 하고 확산적 사고를 촉진시키는 촉매제 역할을 한다.

2) 형식의 변화

과학 실험에서 실험보고서는 의사소통 방법의 하나로 누가 보더라도 쉽게 알아볼 수 있고, 이해할 수 있도록 작성되어야 한다. 따라서 가능한 간단하고 명료하게 작성하는 것이 중요하다. 동료 검토 활동 후, 도표나 그래프 등의 시각자료를 활용하고, 더욱 정확하고 명료하게 기술하며, 참고 자료의 출처를 분명히 하는 등 실험보고서가 읽기 쉬운 형태로 변화였다.

가) 시각 자료의 활용

수집한 자료나 도출한 결론을 도표, 그래프, 그림 등으로 나타내면 독자가 쉽게 이해할 수 있다. 동료 검토의 과정을 통해서, 수집한 자료를 도표나 그래프로 변환하고, 반응메카니즘을 구조식이나 화학반응식으로 나타내며, 과학 원리를 설명하기 위해 모식도나 도형으로 나타내었다. 학생 4는 증류수 온도에 따라 필름통 뚜껑이 'POP UP' 하는데 걸리는 시간을 측

정하고, 처음보고서에서는 실험 결과를 (A)와 같이 자료로 제시하였다.

평가자가 "3가지 조건변화 실험의 결과를 그래프로 그려서 나타내 주신다면 한눈에 쉽게 경향성을 이해할 수 있어서 더 좋은 보고서가 될 것 같습니다."라고 조언했다. 피드백을 받은 후, 자료 (A)를 변환하여 (B)와 같이 그래프로 제시하였다.

그래프를 통하여 온도가 올라갈수록 POP하는데 걸린 시간이 짧아져서 반응속도가 빨라지는 것을 쉽게 알 수 있다. 도표만으로 결과를 정리했을 때 보다 그래프를 추가했을 때 결과의 추이를 살펴보는데 훨씬 도움이 되었음을 다음 인터뷰를 통해 알 수 있다.

그래프를 만들어보니까 그게 확실히 변화량이 보이더라구요. 그런 점에서 자신이 생각하지 못했던 부분에 대해서 리뷰를 받아서 도움이 되었다고 생각합니다.(인터뷰, 학생 4)

나) 정확하고 명료한 기술

처음보고서에는 오타, 잘못 선택한 단어나 개념, 잘못된 문장의 호응, 문맥 흐름의 오류, 잘못된 화학반응식 등이 많았다. 동료 검토의 과정을 통해서 처음보고서의 애매하거나 잘못 기술된 표현이 최종보고서에서 더 정확하고, 간결하며, 명료하게 바뀌어 독자들이 이해하기 쉽도록 기술되었다. '동료 검토를 받고 보고서를 수정할 때 어떤 생각이 들었는지'에 대한 질문에 학생21은 '자기 자신의 보고서를 되돌아보게 되었다'고 응답하였다.

그동안 너무 제 위주로 말만 길게 쓰니까 제가 읽어도 이해가 안되고 난 분명히 썼다고 생각했는데 내

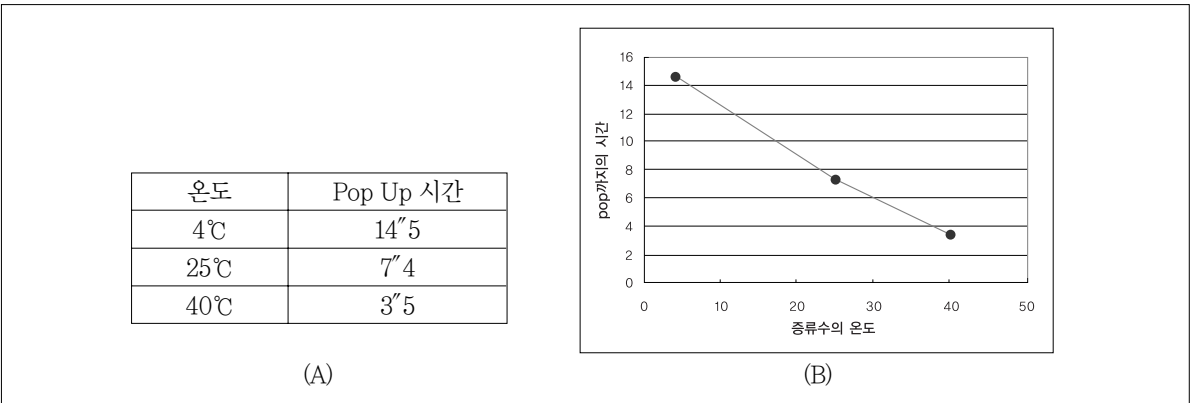


그림 3 수집된 결과의 변환(A:표, B:그래프)

용이 기니까 전체로 봤을 때는 내용이 없다고 지적 받고...보고서 받고 나서 수정하려고 계속 보다보니까 '내가 보고서 쓰는 스타일이 이렇구나' 알게 되었어요.(인터뷰, 학생 21)

보고서의 경우 학생 9는 처음보고서에 전체 용액의 부피에 대한 언급을 하지 않아서 용액의 양과 변인이 제대로 통제되었는지 알 수 없었다. 그래서 평가자로부터 “물을 10mL 넣고 산염기 용액을 추가로 넣은 것인지, 산염기 용액을 총 10mL 넣은 것인지가 모호해 보여요.”라고 피드백을 받았다.

처음보고서: 물의 pH 변화 : 물의 pH를 변화시킨다. 물이 산성인 조건, 중성인 조건, 염기성인 조건에서 각각 실험해서 반응시간을 측정한다.

최종보고서: 물의 pH 변화 : 물의 pH를 변화시킨다. 용액의 부피를 10mL로 통일하여 산성, 중성, 염기성인 조건에서 각각 실험해서 반응시간을 측정한다.

피드백을 받은 후, 최종보고서에 전체 용액의 부피를 '10mL'로 명확하게 표기하여, 독자가 실험 상황에 대해 정확히 알 수 있었다. 또한 화학반응식에 대한 피드백을 받은 후 다음과 같이 변화였다.

다) 출처 기술

보고서에 참고문헌이나 출처를 기술하면 보고서를 작성한 학생이 권위있는 자료, 경험, 직관, 인과관계 등 무엇을 근거로 주장하였는지 알 수 있고, 보고서 형식을 완성할 수 있다. 요즘 많은 학생들이 인터넷 자료나 문헌을 참고하여 보고서를 쓸 때 출처를 기술하지 않는 경향이 있다. 참고 자료를 인용하였으나 인용문헌을 언급하지 않는 것은, 인용 내용을 저자의 생각인 것으로 오해할 수 있으므로 윤리적인 문제를 야기한다. 자료의 출처를 명확히 표시함으로써 저작권자에 대한 기본적 예의를 갖추는 과학적 태도를 배울 수 있다. 처음보고서에는 참고자료의 출처가 표기되지 않아서 평가자로부터 “참고문헌이 표시되어 있지 않습니다. 표시해주세요.”라고 조언을 받았다. 피드백을 받은 후, 학생 10은 참고자료를 기술하였으며 인터넷 자료를 주로 참고한다는 것을 알 수 있다.

아세틸살리실산 구조식 출처 :
 ○○○○○화학물질 정보 사이트
<http://○○○○○○○○○○○○○.com>
 활성화에너지 그림 출처 :
 □□과학교실
<http://cafe.naver.com/□□□□□□□.cafe>

최종보고서를 통하여 알카셀처의 성분에 대해 설명할 때는 아세틸살리실산의 구조식을 참고하고, 온도와 반응속도의 관계를 설명할 때는 활성화에너지 그림을 참고했다는 것을 알 수 있다.

IV. 결론 및 논의

이 연구는 문제해결형 탐구 실험을 수행하는 학생들이 실험보고서를 작성할 때, 동료 검토 활동이 어떠한 영향을 미치는지 확인하는 데 그 목적이 있다. 이 연구를 위하여 동료 검토 활동에 적용할 실험을 선정하였으며, 실험보고서 평가틀을 개발하였다. 연구자는 일반화학실험 수강생을 대상으로 조를 구성하고 조별 실험 후 개별 보고서를 작성하게 하였으며, 다른 조의 학생들이 익명의 보고서를 검토하고 피드백을 할 수 있도록 안내하였다. 또한 연구자도 각각의 보고서를 검토한 후 피드백을 주었고, 평가틀을 활용하여 처음과 최종보고서를 평가하였다.

동료 검토 활동을 통하여 학생들의 보고서 기술 능력이 향상되었다. 평가틀을 이용하여 학생들의 실험 보고서를 평가하고 분석한 결과, 전반적인 학생들의 평가 점수가 상승하였다. 특히 '문제인식 및 가설설정', '실험고안', '결론 및 평가' 단계가 '자료 수집', '자료 변환 및 해석' 단계에 비하여 피드백에 의한 상호작용이 활발하고, 평가 점수도 크게 상승했다. 동료 검토 활동을 통하여 '문제인식 및 가설설정' 단계에서는 학생들의 탐구 실험을 할 때 실험의 목적을 바로 알고 수행할 수 있도록, '실험고안' 단계에서는 문제를 해결할 수 있는 실현 가능한 방법을 정교하게 설계할 수 있도록, '결론 및 평가' 단계에서는 실험 결과가 나타내는 의미를 바로 알고 자신이 수행한 실험에 대해 반성하고 개선할 수 있도록 도움을 주었다.

또한, 동료 검토 활동을 통하여 실험보고서는 내용과 형식적인 측면에서 크게 개선되었다. 동료 검토 활

동 후, 내용적인 측면에서는 과학적인 근거를 활용하여 논리적으로 서술되고, 실험에서 발생하는 문제점에 대해 기술하는 것에 그치지 않고 그것을 해결할 수 있는 방안을 선보이기도 했다. 그리고 형식적인 측면에서는 도표와 그래프 등의 시각자료를 활용하여 독자들의 이해를 도왔고, 애매한 표현을 정확하게 교정하여 오해의 소지를 줄였으며, 출처를 기술하였다. 이와 같이 동료 검토 활동은 실험보고서를 개선하는 데에 효과적임을 알 수 있다.

탐구 실험을 수행하고 나서 작성하는 실험보고서는 자신의 생각을 정리하는 기회가 된다. 학생들은 보고서를 작성하여 평가를 받게 되고, 동시에 동료의 보고서를 평가하는 입장이 되기도 한다. 피평가자의 인터뷰에서는 “동료의 지적을 받아서 다시 책을 찾아보고 생각을 정리하게 되었다”, “당연하다고 생각했던 내용에 대해 지적을 받았는데 공부하면서 몰랐던 부분이 있었다는 것을 깨달았다”고 응답하여, 동료의 피드백을 받고 보고서를 수정하면서 과학 지식을 알게 되었음을 알 수 있다. 또한 평가자의 인터뷰에서는 “동료가 잘못 기술한 부분을 고쳐주기 위해서 책을 찾아보다가 같이 배우게 되었다”, “평가하는 입장이라 실험에 대해 확실히 알아야겠다”고 응답하여, 피평가자 뿐만 아니라 평가자도 동료 검토를 통해서 과학 지식을 형성함을 알 수 있다. 즉, 동료 검토를 통하여 서로의 의견을 주고 받으면서 평가자와 피평가자 모두 몰랐던 과학적 지식을 알아가고, 잘못된 과학 개념을 고쳐가며 서로 배우게 된다.

또한 학생들은 ‘제3자의 입장에서 바라보게 되었다’, ‘주관적인 생각이 객관적으로 변하였다’고 응답하여, 동료 검토를 통하여 좀 더 객관적이고 비판적인 관점에서 자연 현상을 바라보게 되었음을 알 수 있다.

따라서 동료 검토 활동은 자신의 생각을 되돌아볼 수 있는 반성의 기회를 제공하고, 객관적인 시각으로 자연 현상을 이해할 수 있는 계기를 마련해 준다. 또한 같은 눈높이의 동료들끼리 서로의 학습내용을 점검하고, 동료의 과학적 태도에 대해 상호 평가할 수 있는 계기를 제공한다.

실험보고서는 과학글쓰기의 한 형태로써 언어를 통하여 의미를 전달하기 때문에 의사소통능력이 중요하다. 이러한 의사소통 능력 향상에 동료 검토 활동이 긍정적인 영향을 줄 것이라 기대한다.

하지만 이러한 동료 검토는 전문가에 의한 검토가

아니므로 학습자가 정확한 과학 개념을 정립하기 위해서는 전문가의 검토도 적당히 활용할 필요가 있다. 또한 평가자와 피평가자의 상호작용이 원활하지 못하면 실패할 가능성이 있으므로 교사는 학생들의 검토 활동의 방향을 제시하고 참고 자료를 활용할 수 있도록 안내해야한다. 또한 학생들의 지적 수준에서 서로 다양한 의견을 주고 받을 수 있는 실험 주제를 선정하고 학교 급간에 맞게 난이도를 조절해야한다.

국문 요약

이 연구는 문제해결형 탐구 실험에서 실험보고서의 동료 검토 활동이 실험보고서의 기술 능력과 질 개선에 미치는 영향을 알아보는 데 그 목적이 있다. 일반화학 실험을 수강하는 학생을 대상으로 실험을 수행하고, 실험보고서 작성하여 같은 수업을 받은 동료로부터 두 번이상의 검토를 받는다. 피드백을 받은 학생은 동료 검토에 대해 답변하고 보고서를 수정하여 최종보고서를 완성한다. 연구 결과, 동료 검토는 실험 보고서의 질적 향상에 영향을 미쳤으며, 특히 ‘실험고안’과 ‘결론 및 평가’ 과정에 큰 영향을 미쳤다. 실험보고서를 작성하면서 자신의 생각을 정리하게 되는데, 이때 동료 검토 활동은 반성의 기회를 제공하고, 객관적인 시각으로 바라볼 수 있는 계기를 마련하였다. 또한 동료 검토 활동은 서로의 의견을 주고받으며 배울 수 있는 의사소통의 장이 될 수 있다.

참고 문헌

- 김민정 (2005). 학습 방법으로서의 동료평가. 교육공학연구, 21(4), 1-28.
- 김소연 (2006). 학습일지쓰기와 동료의 피드백이 영어 학업성취도에 미치는 영향. 부산대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 김희경, 송진웅 (2004). 학생의 논변활동을 강조한 개방적 과학탐구활동 모형의 탐색. 한국과학교육학회지, 24(6), 1216-1234.
- 남정희 (1996). 화학 실험에서 탐구 과정기능의 평가도구 개발. 한국교원대학교 박사학위.
- 남정희, 광경화, 장경화 (2008). 논의를 강조한 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic)의 중학교 과학 수업에의 적용. 한국과학교육학회지, 28(8) 922-936.

- 박영신 (2006). 교실에서의 실질적 과학 탐구를 위한 과학적 논증 기회에 대한 이론적 고찰. *Journal of Korean Earth Science Society*, 27(4), 401-415.
- 오진아, 이선경, 김찬중 (2008). 지구과학 MBL 수업의 과학 탐구와 논의적 의사소통에 관한 사례 연구. *Journal of Korean Earth Science Society*, 29(2), 189-203.
- 이은경, 강성주 (2006). 문제해결형 탐구 모듈 적용에서의 SWH 활용 효과에 대한 학생들의 인식 조사. *한국과학교육학회지*, 26(4), 537-545.
- 이은경, 강성주 (2008). 학생-학생 언어적 상호작용 분석을 통한 문제해결형 탐구 모듈에서의 SWH 활용 효과. *한국과학교육학회지*, 28(2), 130-138.
- 이화정, 강성주 (2005). 교사 양성 대학에서의 일반화학 실험 개선과 적용. *한국과학교육학회지*, 25(3), 346-352.
- 임희영, 강성주(2009). 문제해결형 일반화학 실험에서 나타나는 대학생의 반응유형. *한국과학교육학회지*, 29(2), 193-202.
- 장신호 (2004). 과학 대화를 이용하는 수업에서 교사와 학생이 겪는 어려움 및 대화 능력의 변화·발전 에 대한 사례 연구. *초등과학교육학회*, 17(1), 79-99.
- 장신호 (2006). 학생들의 과학적 설명을 강조하는 탐구 지향 교수 활동에 대한 예비 초등 교사들의 인식. *한국초등과학교육학회*, 25(1), 96-108.
- 정희모, 이재성 (2008). 대학생 글쓰기의 수정 방법에 관한 실험 연구. *국어교육학연구*, 33(0), 657-685.
- 한정희 (2002). 동료 수정을 통한 대화식 일지 쓰기. *고려대학교 교육대학원 석사 학위 논문*.
- Berry, D. E. & Fawkes, K. L. (2010). Constructing the Components of a Lab Report Using Peer Review. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 57-61.
- 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.
- Cunningham, C. M. & Helmss, J. V. (1998). Sociology of science as a means to a more authentic, inclusive Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 483-399.
- Dong-Ho Kang (2008). Feedback on EFL Writing:Teacher, Peer, and Self-review. *Foreign Languages Education*, 15(1) 1-22.
- Fuller, S. (1997). *Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Gallagher, J. J & Tobin, K., (1987). Teacher management and student engagement in high school science. *Science Education*, 71(4), 535-555.
- Gerdeman, R. D., Russell, A. A. & Worden, K. J. (2007). Web-Based Student Writing and Reviewing in a Large Biology Lecture Course. *Journal of College Science Teaching*, 36(5) 46-52.
- Gragson, D. E. & Hagen, J. P. (2010). Developing Technical Writing Skills in the Physical Chemistry Laboratory: A Progressive Approach Employing Peer Review. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 62-65.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84 51-70.
- Khalick, A, F. & Lederman N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7) 665-701.
- Kovac, J. & Sherwood, D. W. (2001). *Writing Across the Chemistry Curriculum. An Instructor's Handbook* Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ
- Krajcik, K., Blumenfeld, P.C., Marx, R. W., Fredricks, J., & Soloway, E., (1998). *Inquiry in project learning*. New York; McGraw-Hill.
- Kuhn, D. (1993). Science argument; Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, 319-337.
- Nancy M. T. (2009a). Designing Peer Review for Pedagogical Success. *Journal of College Science Teaching*, 38(4) 14-19.
- Nancy M. T. (2009b). Interactive learning through web-mediated peer review. *Education Tech Research*, 57, 685-704.

Taylor, C. (1996). *Defining science*. Madison, WI: University of Wisconsin Press.

Watson, J. R., Swain, J. R. L, & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.

Widanski, B. B. (2006). Peer Review of Chemistry Journal Articles: Collaboration across Disciplines. *Journal of Chemical*

Education, 83(12), 1788-1792.

Yalvac, B. (2005). On-line peer review and students' understanding of the nature of science. The Pennsylvania State University Ph.D.

Zhu, W. (1995). Effects of training for peer response on student's comments and interaction. *Written Communication*, 12(4), 492-528.