Journal of the Korean Chemical Society
2017, *Vol. 61, No. 5*
Printed in the Republic of Korea
https://doi.org/10.5012/jkcs.2017.61.5.263

개방형 탐구를 경험한 예비과학교사의 과학 지식의 본성에 대한 이해와 과학 탐구에 대한 태도 변화

조제희 · 우애자*
이화여자대학교
(접수 2017. 5. 1; 게재확정 2017. 8. 16)

A Study on the Understanding about Nature of Scientific Knowledge and Attitude toward Scientific Inquiry of Pre-service Science Teacher through Open Inquiry

JeHee Cho and Ae Ja Woo*
Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea. [*]*E-mail: ajwoo@ewha.ac.kr*
(Received May 1, 2017; Accepted August 16, 2017)

요 약. 본 연구에서는 예비과학교사들의 개방형 탐구 경험이 과학 지식의 본성에 대한 이해와 과학 탐구에 대한 태도에 어떠한 영향을 주는지 알아보았다. 서울 소재의 사범대학 내 과학교육과에서 개설된 '탐구화학실험' 수업을 수강하는 학생 40명을 대상으로 한 학기 동안 10개의 주제로 개방형 탐구 실험을 진행하였다. 개방형 탐구 실험은 제시된 현상을 관찰한 후 조별로 탐구 문제를 설정하여 가설을 세우고, 직접 실험을 설계하고 수행하여 결론을 도출하는 방식으로 진행되었다. 학생들의 과학 지식의 본성에 대한 이해와 과학 탐구에 대한 태도 변화를 알아보기 위하여 세 차례에 걸친 검사지와 개인 면담 자료를 활용하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 과학 지식의 본성에 대한 이해는 통계적으로 유의미한 향상을 보였다(p<.05). 하위 영역 중에서는 창의성, 초도덕성, 사회성 영역에서 유의미한 변화가 나타났다. 이 외에도 개인 면담을 통해서 과학 지식의 주관성에 대한 이해에 영향을 미친 것이 관찰되었다. 둘째, 과학 탐구에 대한 태도는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(p<.05). 학생들이 개방형 탐구를 경험한 초반에는 과학 탐구에 대한 태도가 다소 부정적이었으나 계속해서 경험할수록 긍정적인 태도가 나타났다.

주제어: 과학 탐구, 개방형 탐구, 탐구화학실험, 예비과학교사

ABSTRACT. The purpose of this study is to investigate the understanding of nature of scientific knowledge and attitudes toward scientific inquiry of pre-service science teachers experienced open inquiry. The study was conducted in 10 sessions of open inquiry-based chemistry experiment. The subjects were 40 pre-service science teachers recruited from the experiment class. They received pre-test, mid-test, post-test on understanding nature of scientific knowledge and attitudes toward scientific inquiry of open inquiry activities. 20 pre-service science teachers among them participated in the interview. The results of this study are as follows. First, there was a significant difference in pre-service science teachers' understanding of the nature of the scientific knowledge (p<.05). In particular, understanding of creativity and sociality parts improved gradually. Second, pre-service science teachers' attitude toward scientific inquiry had changed negatively until the middle of the semester, and then changed positively later. The post-test score was significantly higher than the mid-test score (p<.05).

Key words: Scientific inquiry, Open inquiry, Inquiry-based chemistry lab, Pre-service science teacher

서 론

2015 개정 과학과 교육과정에서 밝히고 있는 과학교육의 목표는 과학 지식의 학습과 자연 현상에 대한 흥미, 호기심과 태도 등의 정의적 요소의 함양이며, 더 나아가 과학 지식을 구성하는 과정으로서의 과학을 이해하고 탐구 능력과 과학적 소양을 신장하도록 하는 것이다[1]. 이에 '과학 탐구 실험'이라는 과목이 새롭게 도입되었으며, 탐구 과정에서 학생들이 경험함으로써 이해해야 할 8가지 탐구 기능이 제시되었다[1]. 단순히 과학 탐구 요소를 제시하던 과거의 과학과 교육과정[2,3]과 달리, 2015 개정 과학과 교육과정에서는 학생들이 탐구 과정에서 경험해야 할 통합적인 활동을 제시하고 있다. 이러한 변화는 과학 탐구가 단순히 기능적 요소들로 이루어진 절차를 이해하는 것이 아니라, 과학 지식을 구성하는 과정으로 경험함으로써 이해하는 것이어야 함을 시사하고 있으며 그 중요성을 강조하는 것이라고 할 수 있다.

탐구 학습이 단순히 탐구의 절차를 알고 탐구 요소들을

경험하는 것이라는 잘못된 인식[4]을 가질 경우, 탐구 수업에서 기능의 획득만이 강조될 수 있다.[5] 이러한 우려 속에 탐구 실험의 목적에 대한 우리나라 학생들의 인식을 조사한 결과를 살펴보면, 정해진 절차에 따라 수행하는 실험을 탐구라고 인식하는 경우가 많을 뿐만 아니라,[7] 배운 지식을 확인하거나 잘 암기하기 위해서 탐구 실험을 한다는 응답이 과반수였음을 확인할 수 있다.[6] 이러한 조사 결과에 따르면, 탐구의 본질적인 목적을 고려하고 과학 지식을 구성하는 과정으로서 탐구를 경험하고 있는 것이 아니라, 주어진 절차를 따라 수행하는 것을 탐구 학습으로 인식하고 있는 것으로 보인다. 또한 실제 과학 수업에서도 교사가 제시하는 실험 절차나 탐구 과정을 그대로 따라 수행하는 형태의 탐구 활동이 많이 진행되고 있다.[8–10]

학생들에게 얼마만큼의 정보가 제시되는가에 따라 탐구는 확인 실험, 구조화된 탐구, 안내된 탐구와 개방형 탐구로 유형화될 수 있다.[11] 확인 실험은 제시된 절차를 따라 탐구를 수행함으로써 이미 알고 있는 결과를 확인하는 것이고, 구조화된 탐구는 제시된 절차대로 진행하지만 답을 알지 못하는 상태로 수행하는 탐구이다. 이에 비해 안내된 탐구는 탐구 문제가 주어지고 학생들이 탐구 과정을 설계 및 수행하는 탐구 유형이며, 개방형 탐구는 탐구 문제부터 학생들이 스스로 설정하여 탐구를 수행하는 것이 특징이다. 확인 실험의 경우, 교사가 활동지를 통해 탐구의 순서를 미리 제시하게 되기 때문에 학생들이 탐구의 효과로서 과학 교육의 목표를 성취하게 될 것을 기대하기 어렵다.[12,13] 이에 그 대안으로 과학자가 과학 지식을 구성하는 과정[14]처럼 학생들이 스스로 문제를 인식하고 탐구 과정을 직접 설계 및 수행하여, 결과를 분석하고 결론을 도출하는 개방형 탐구[15,16]를 고려할 수 있다.[17]

학생들이 개방형 탐구를 경험함으로써 피상적인 관찰에서 벗어나, 과학 지식이 형성되는 과정으로서의 과학을 경험하고, 그 과정에서 과학 지식의 본성을 이해할 수 있다.[18] 과학 지식의 본성은 탐구 과정에서 학생들이 알아야 할 과학적 인식(Scientific Epistemology)이라 할 수 있다.[19] 이와 같은 과학적 인식의 중요한 내용 중 하나는 과학 지식이 발견되는 것이 아니라, 다양한 과학적 방법을 통해 사회적으로 구성된다는 것이다. 뿐만 아니라 과학적 인식에 따르면, 과학 지식의 형태가 법칙 또는 이론 등으로 존재하며, 이러한 과학 지식은 임시성을 갖고 있다는 점에서 계속해서 발전한다. 학생들은 개방형 탐구를 경험함으로써 앞서 살핀 과학 지식의 본성에 대한 이해를 향상시킬 수 있다.[11,20] 학생들은 개방형 탐구를 통해 얻은 자료를 해석하고, 평가하며 자료들 사이의 관계를 찾아내 설명을 제시하는 과정을 경험함으로써 과학 지식이 발견되는 것이 아니라 구성되는 것임을 이해할 수 있기 때문이다.[19] 또한 자신의 과학적 주장을 제시하기 위해 적합하고 효과적인 방법을 찾아야 하는 개방형 탐구 과정에서 기존의 주어진 실험 방법을 수행할 때보다 다양한 탐구 방법을 경험할 것으로 기대할 수 있다.

과학고등학교 학생을 대상으로 개방적 참 탐구를 적용한 사례연구에서 학생들이 과학의 본성 중에서 과학적 방법과 과학의 추론적 특성과 창의성을 이해하는데 도움이 된 것으로 나타났다.[21] 중학생을 대상으로 가설연역적 탐구 실험을 적용한 결과, 과학의 본성 중에서 관찰의 이론 의존성, 과학적 추론, 가설에 대한 이해가 유의미하게 향상되었다.[22] 미국 초등예비교사를 대상으로 수업 환경에 따른 과학의 본성에 대한 이해를 연구한 결과, 개방형 수업 환경에서 창의성과 검증가능성 영역에서 유의미한 변화를 보였다.[23] 미국 초·중등 예비교사는 탐구 학습을 통해 과학 지식은 사회 구성원에 의해 만들어 지고, 현재와 다른 새로운 증거가 나타나면 계속하여 발전해 나갈 수 있다고 생각하였다.[24] 또한 개방적 가설 검증 탐구모형을 적용한 실험을 경험한 고등학생들의 실험설계, 자료 변환 및 해석, 가설검증 등의 탐구 능력이 유의미하게 향상되었다.[25,26] 개방형 탐구가 다른 유형의 탐구와 가장 다른 점은 학생들이 직접 탐구 문제를 설정하고 탐구 과정을 설계해 탐구를 수행한다는 것인데, 이를 통해 주도적으로 탐구를 수행하는 경험을 함으로써 탐구를 설계하거나 자료를 변환하고 분석 및 해석하는 탐구 능력이 향상되는 것으로 생각된다.[26,27] 이러한 선행 연구의 결과를 참조함으로써 학생들이 자신의 과학적 소양을 함양하는 데 있어서 중요한 과학 지식의 본성을 이해하기 위해서는 과학 지식을 구성하는 과정으로서 개방형 탐구를 경험하는 것이 효과적일 것임을 기대할 수 있다.

이에 학생들이 과학 수업을 통해서 개방형 탐구를 경험하도록 기회를 제공함으로써 탐구를 통한 교육적 효과를 제고할 필요가 있다. 이형철과 이정화의 연구[13]에서 초등학생을 대상으로 자유 탐구 수업의 효과를 탐색한 결과, 지도교사들은 스스로 탐구할 문제를 선정해 탐구를 스스로 수행하는 효과로 학생들의 흥미를 유발할 수 있을 것으로 기대하였다. 직접 자유 탐구를 경험해 본 초등 예비교사들은 학생들의 흥미와 과학에 대한 태도를 긍정적으로 변화시키는 데에 개방적인 탐구가 효과적일 것이라고 생각하기도 하였다.[28] 그렇지만 개방형 탐구 수업이 학생들의 태도에 오히려 부정적인 영향을 준다는 연구 결과도 있다. Berg *et al.*[29]은 대학생을 대상으로 개방형 탐구 실험을 경험한 학생들과 전형적인 탐구 실험을 경험한 학생들을 비교하여 그 성과와 태도를 분석하였다. 개방형 탐구 실험을 경험한 학생들이 탐구 내용에 대한 이해, 실험을 준비하는 시간, 성취도 등에서는 더 긍정적인 태도를 보였으나, 실

험에 대한 태도와 관련해서는 더욱 어려움을 느끼는 등의 부정적인 결과가 나타났다. 학생들은 개방형으로 진행되는 탐구가 어려운 과정이라고 인식하여 오히려 안내된 탐구를 선호하는 경향을 보이기도 한다.[30] 초등학생을 대상으로 진행한 자유 탐구 수업에서도 학생들의 과학적 태도는 유의미한 변화를 보이지 않았고, 지도교사의 56.6%가 '자유 탐구는 수행하기 어렵다'는 선입관을 갖고 있는 것으로 나타났다.[13]

수업의 진행 방식과 그 안에서 일어나는 학생들의 활동에 영향을 주는 요소 중 하나는 교사의 경험과 인식이다. 교사가 어떤 경험을 하고 어떤 인식을 가지고 있는가에 따라 실제 수업에서의 적용이 달라질 수 있기 때문이다.[31] 교사가 과학 탐구 경험을 통해 과학 지식의 본성을 이해하고 있는가의 여부는 학생들이 과학 지식의 본성을 이해하도록 하는 데에 영향을 준다.[32,33] 또한 교사의 과학 탐구에 대한 태도 역시 학생들의 과학 탐구 활동에 영향을 주는 요소 중 하나이다.[34] 현장 교사들은 학교 교육과 교사양성 과정에서 대부분 전통적인 강의식 수업을 경험해 왔기에 절차적 지식이나 기능 측면이 강조된 탐구를 진행할 가능성이 높다.[35,36] 조성민과 백종호[37]의 연구에서 예비교사들은 사범대학 교육과정에서 경험했던 실험 수업들은 이전 탐구 경험과 크게 다르지 않은 구조화된 탐구로, 자신들이 가지고 있는 인식에 맞는 탐구를 경험해 본 적이 없다고 답하였다. 이러한 결과는 예비과학교사의 탐구에 대한 인식이 향상된다 하더라도 직접 개방형 탐구를 경험해보지 않으면 실제 교수 실천 과정에서 어려움을 겪을 수 있음을 시사한다. 따라서 예비과학교사가 스스로를 과학자와 같이 생각하고, 과정으로서 과학에 대해 이해할 수 있도록 개방형 탐구를 경험할 필요가 있겠다.

앞서 살펴본 선행연구들은 주로 학생들이 수업시간에 몇 차례 단기적으로 개방형 탐구를 수행하는 상황에서 이루어지거나 프로젝트 형식의 프로그램 또는 영재학급 등 교과 과정 밖의 맥락에서 이루어졌다. 특히 국내에서는 예비과학교사가 수업을 통해 직접 개방형 탐구를 지속적으로 경험하는 것이 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 사범대학 내의 정규 교사교육 과정에서 마련된 수업을 통해 한 학기 동안 개방형 탐구를 경험한 예비과학교사를 대상으로 과학 지식의 본성에 대한 이해와 과학 탐구에 대한 태도가 어떻게 변화하는지 알아보고자 하였다. 예비과학교사들이 개방형 탐구를 실제로 수행하는 과정에서 나타나는 변화에 관하여 3차에 걸쳐 검사지와 면담을 진행함으로써 구체적으로 변화를 탐색하고자 한다.

연구 방법

연구 대상

본 연구에서는 서울 소재의 사범대학교 내 과학교육과에서 1학년 1학기에 개설한 '탐구화학실험'과목을 수강중인 학생 60명 중 연구 참여 공고를 통해 연구 참여자 40명을 모집하였다. 과학의 본성에 대한 이해와 과학 탐구에 대한 태도 변화를 측정하기 위하여 연구 참여자인 40명의 학생을 대상으로 설문지를 통한 검사를 실시하였고, 그 중 면담까지 참여를 원한 20명을 대상으로 개인 면담을 진행하였다. 이러한 과정을 통해, 설문지 검사에 참여한 40명의 학생들 중 중·고등학교 재학 시 정규 과학 수업이나 특별 활동에서 결과가 제시된 과정을 그대로 따라서 수행하는 확인 실험이나 구조화된 탐구를 경험한 학생이 34명, 직접 문제를 설정하거나 탐구 방법을 설계해 본 경험이 있는 학생은 10명, 가설 설정의 경험이 있는 학생은 9명, 친구들과 논의를 통해 결론을 도출해 본 경험이 있는 학생은 27명인 것으로 조사되었다. 면담에 참여한 20명의 학생은 대부분 구조화 된 탐구 또는 확인 실험을 경험하였으며, 개방형 탐구 경험이 있는 학생은 4명인 것으로 나타났다.

검사 도구

과학 지식의 본성 검사지: 과학 지식의 본성에 대한 이해를 측정하기 위하여 김문선[38]이 번역한 Nature of Science Knowledge Scale(NSKS)[39]을 수정하여 사용하였다. NSKS는 창의성, 초도덕성, 간결성, 발전성, 통합성, 검증가능성의 6개 하위 영역으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 과학 지식이 자연 현상을 간결하고 명확하게 설명한다는 본성을 설명하기 위한 간결성 영역을 제외하였고, 과학 지식이 사회 구성원의 동의를 얻어서 만들어진다는[19,40,41,42] 특성을 논의하기 위한 사회성 영역을 추가하였다. 사회성 영역의 문항은 Aikenhead & Ryan[43]이 개발한 Views on Science-Technology-Society(VOSTS)와 임재항 외[44]가 개발한 STS에 대한 고등학생들의 견해에 관한 평가도구의 문항을 참고하였다. 최종적으로 본 연구에서 사용한 검사지는 창의성(과학 지식은 창의적 상상력의 산물이다), 초도덕성(과학 지식은 그 자체로 선악을 판단할 수 없다), 발전성(과학 지식은 대체될 수 있다), 통합성(과학 지식은 법칙, 이론, 개념을 연결한다), 검증가능성(과학 지식은 실험적으로 증명할 수 있다), 사회성(과학 지식은 사회 구성원들의 합의를 통해 구성된다)의 6개 하위 영역으로 구분되어 있고, 각 하위 영역은 8개 문항으로 이루어졌으며 이에 검사지는 총 48문항으로 구성되어 사용되었다. 검사지는 개방형 탐구 실험이 시작하기 전, 중, 후에 투입되었고, 검사 시간은 20분 정도 소요되었다. 검사지의 내적 일관성 신뢰도(Cronbach's α)는 전

체 .895 이었으며, 하위 영역에서는 창의성 .785, 초도덕성 .907, 발전성 .723, 통합성 .723, 검증가능성 .849, 사회성 .734 이었다.

과학탐구에 대한 태도 검사지: 과학 탐구에 대한 태도의 변화를 측정하기 위하여 Fraser[45]가 개발한 과학 관련 태도 검사지(Test of science Related Attitudes; TOSRA)의 7개 하위 영역 중에서 과학 탐구에 대한 태도와 태도의 적용 영역에서 각 10문항씩 총 20문항으로 구성한 이선향[46]의 검사지를 사용하였다. 검사지는 개방형 탐구 수업이 시작하기 전, 중, 후에 투입되었고, 검사 시간은 20분 정도 소요되었다. 검사지의 내적 일관성 신뢰도(Cronbach's α)는 .742 이었다.

개인 면담: 개방형 탐구 실험의 효과를 심도 있게 알아보기 위하여 개인 면담을 3차례 실시하였다. 1차 면담은 개방형 '탐구화학실험'이 시작하기 전에 중·고등학교 재학 시 경험한 탐구 경험의 방식에 대해 질문하였고, 2차와 3차 면담은 수업 중간과 후에 '탐구화학실험'을 통해 경험한 개방형 탐구 활동에 대해 질문하였다. 면담 내용은 과학 지식의 본성 검사지와 과학 탐구에 대한 태도 검사지 문항과 관련 지어 2차와 3차 모두 동일하게 구성하였다. 과학 지식의 본성과 관련해서는 "과학 지식을 만들어 나갈 때 창의성이 필요하다고 생각하십니까?", "과학 지식을 한 명의 과학자가 만들 수 있다고 생각하십니까?"와 같은 질문으로 시작하여 학생들의 응답에 따라 구체적인 질문을 다르게 하였다. 이전 면담과 비교하여 응답이 달라진 경우 생각이 변화한 이유에 대해 추가적으로 질문하였다. 과학 탐구에 대한 태도와 관련해서는 "과학 탐구를 해야 하는 이유가 무엇이라고 생각하십니까?", "탐구에 있어서 가장 중요하다고 생각하는 것은 무엇입니까?" 와 같은 질문을 시작으로 학생들의 응답에 따라 구체적인 질문이 달라지는 반 구조화된 형식으로 면담을 진행하였다.

개인 면담은 면담 참여에 동의한 20명 학생을 대상으로 실시하였고, 약 40~60분 정도 소요되었다. 면담 장소는 연구실이나 '탐구화학실험'이 진행된 실험실에서 이루어졌으며 면담 초반에 학교 이야기를 하며 라포(Rapport)를 형성하는 등 면담 장소에 적응하고 편안한 분위기에서 면담을 진행할 수 있도록 하였다. 면담 내용은 참여자의 동의를 얻은 후 모두 녹음하여 전사하였고, 추가적인 질문이나 확인 사항이 있을 경우에는 서면으로 대화하였다.

자료 분석

자료 분석은 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 검사지의 양적 분석과 면담 자료의 질적 분석으로 이루어져 있다. 검사지는 5점 리커트 척도 문항으로 구성되어 있으며 '전혀 그렇지 않다'는 1점, '매우 그렇다'는 5점으로 점수 산출을 하였다. 과학 지식의 본성 검사와 과학 탐구에 대한 태도 검사의 평균과 표준편차를 구하고, 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 알아보기 위해 반복측정 분산분석을 실시하였다.

면담 자료는 모두 전사한 후 Miles & Huberman[47]의 분석 방법을 참고하여 분석하였다. 처음 단계에서는 면담 내용을 여러 번 읽으면서 검사지 문항과 관련 있다고 판단되는 응답을 찾아 표시하였다. 다음 단계에서는 검사지 문항을 표현하는 단어나 구를 찾아 표시하고, 이 때 도출한 단어나 구를 포괄하는 전체적인 내용으로 묶어 주제를 파악하였다. 그 다음 단계에서는 검사지의 하위 영역 중 어디에 속하는지 분류하였다. 이 때, 학생들의 응답이 검사지의 하위 영역에 속하지 않을 경우 따로 분류해 놓았다. 마지막으로 반복적으로 응답들을 읽으며 분류한 자료에서 드러나는 세분화된 주제들을 선정하고, 이 과정을 반복하여 자료를 감소(Data Reduction)시키며 수집된 자료를 주제에 맞게 축소하였다. 예를 들어 P35학생의 2차 면담 응답 중 검사지 문항과 관련 있는 것으로 표시해 놓은 "논의 하면서 제 생각이 수정되는 것도 많았고. 그래서 그게(여러 사람과 탐구하는 게) 제일 중요한 거 같아요."와 같은 문장은 '논의', '생각이 수정', '여러 사람과 탐구', '제일 중요' 등과 같은 단어나 구를 표시하고, 과학 지식의 본성 검사지 하위 영역 중 사회성 영역과 관련이 있는 것으로 분류하였다. '논의', '여러 사람과 탐구' 와 같은 키워드를 바탕으로 '합의를 통해 구성하는 과학 지식'과 같이 주제를 세분화하였다. 이러한 결과는 다시 1차, 2차, 3차 면담 시기별로 나누어 비교하며 변화의 패턴을 찾았다.

과학 지식의 본성에 대한 이해는 Liu & Lederman[48]의 연구에서 교사들의 과학의 본성에 대한 관점을 분석하는 데 사용한 분석틀을 참고하여 이해 부족, 미성숙한 이해, 성숙한 이해로 세부 기준을 설정하여 분석하였다. 과학 탐구에 대한 태도는 검사지 문항을 바탕으로 과학 탐구의 중요성, 과학 탐구에 대한 선호, 과학 탐구에 대한 흥미의 변화를 부정적 태도와 긍정적 태도를 나누어 분석하였다.

면담 자료 분석의 신뢰성을 높이기 위해 과학교육 전문가 1명과 과학교육 전공의 석사 과정 대학원생 2명이 1차 면담에 대하여 분석하여 비교하면서 신뢰도를 높였다. 과학교육 전공의 석사과정 대학원생 1명이 면담 자료를 모두 분석하였고, 3회 반복하여 분석하는 과정에서 차이가 많은 결과는 과학교육 전문가와 협의하여 조정하였다.

개방형 '탐구화학실험' 개발 및 적용

개방형 '탐구화학실험'은 사범대학 과학교육과 1학년 학생을 대상으로 한 학기 동안 진행되었다. 한 학기 총 15차시 수업 중에서 5차시는 실험 기구 사용법, 실험실 안전

수칙 교육, 기본 조작 실험, 중간 및 기말 고사로 배당되었고, 10차시가 개방형 탐구 실험으로 진행되었다. 실험실에서 수행 가능한 주제 중 학생들이 같은 현상을 관찰한 후 다양하게 탐구 문제를 설정하여 진행할 수 있을 것이라고 예상되는 주제를 10개 선택하여 진행하였다. 또한 예비과학교사 대상의 수업임을 고려하여 중·고등학교 화학 교과 내용과 관련이 있는 '샤를의 법칙, 표면장력, 밀도, 산과 염기, 혼합물의 분리, 반응 속도, 침전 반응, 반응열, 삼투 현상, 어는점 내림' 과 같은 주제를 선택하여 탐구 활동을 구성하였다.

본 연구에서는 '창의적 문제 해결력 지향 일반화학 실험'[49]에 포함되어있는 실험을 *Fig.* 1과 같이 개방형 탐구 실험 형태로 수정하였다. 개방형 탐구 실험 형태를 통해, 학생들의 실험은 다음과 같은 과정으로 전개되었다. 첫째, 탐구 활동의 시작으로 시범 실험을 통해 학생들이 공통된 현상을 관찰한다. 둘째, 관찰을 바탕으로 조별 논의를 통해 탐구 문제를 설정한다. 셋째, 탐구 문제에 대한 잠정적인 답으로써 가설을 설정하거나 결과를 예측한다. 넷째, 학생들이 직접 탐구 문제를 해결하기 위해 탐구 방법을 설계한다. 본 연구에서 주된 탐구 방법은 실험이었으며, 실험 기구의 명칭이나 용량을 상세하게 명시하여 어떻게 측정 또는 관찰할 것인지 구체적으로 설계하도록 안내되었다. 다섯째, 설계한 실험을 수행하며 학생들이 측정하거나 관찰한 결과를 기록할 때 가장 적합하다고 판단한 방식을 선택하도록 자율성이 주어졌다. 여섯째, 결과를 분석하고 설정한 탐구 문제에 대한 결론을 도출하는 것까지 학생들 스스로 주도하여 진행한다. 위와 같은 탐구 과정에서 정해진 순서는 없었으며, 상황에 따라 자율적으로 탐구 절차를 조율하여 수행하도록 하였다.

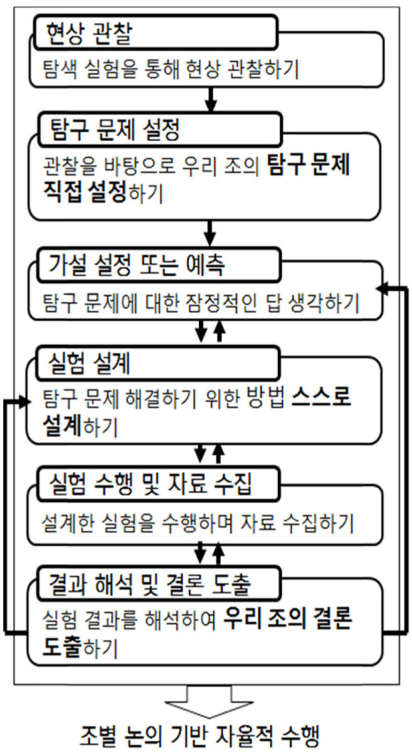


***Figure* 1.** Flow chart for open inquiry lab.

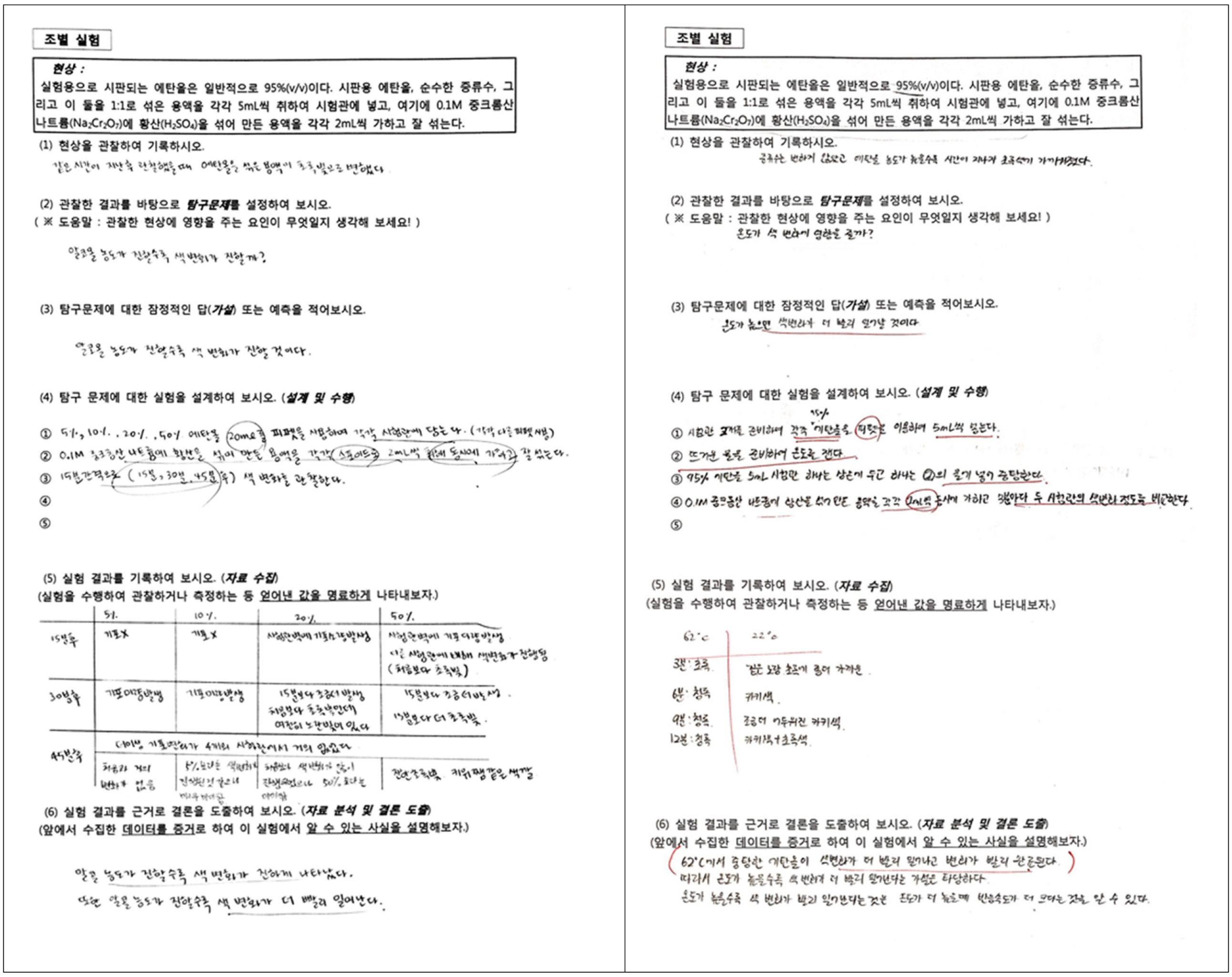
전체적인 탐구 과정은 모두 학생들 상호 간의 논의가 기반이 되었으며, 교수자는 실험실을 순회하며 발문을 통해 학생들에게 가이드를 제시하는 역할을 하였다[50]. 예를 들어 실험을 설계할 때 탐구 문제에서 초점을 맞춘 변인을 제외한 나머지 변인들을 통제할 수 있도록 하였으며, 이와 같은 과정은 직접적인 제시보다는 발문을 통해 조원과 논의하여 스스로 결정할 수 있도록 안내하였다.

학생들은 조별로 보고서를 작성하였으며, 각각 탐구를 자율적으로 수행하였기 때문에 동일한 실험 주제에 대하여 그 내용이 상이하였다. 예를 들어 6주차 '반응 속도: 알코올의 산화·환원 반응' 실험에서 95% 알코올, 증류수, 그리고 이 둘을 반씩 섞은 용액에 각각 지시약을 떨어뜨린 후 시간의 흐름에 따라 각 용액에서 색이 다르게 변화하는 것을 관찰했을 때, 탐구 문제를 '알코올 농도가 진할수록 색 변화가 진할까?'와 같이 설정한 조가 있는 반면, 같은 현상에 대해 다른 조는 '온도가 색 변화에 영향을 줄까?'와 같이 탐구 문제를 설정하였다. 탐구 문제에 따라 학생들은 농도와 온도 변인에 초점을 맞추어 실험 방법을 각각 다르게 설계하였다. 변화를 관찰하는 시점 역시 3분 간격과 15분 간격으로 서로 달랐으며, 실험을 수행하는 과정도 각각 독립적으로 다르게 진행되었다. 일괄적인 탐구 과정을 거쳐 같은 결론을 얻게 되는 구조화된 탐구나 동일한 탐구 문제에 대해 탐구를 진행하는 안내된 탐구와는 달리, 개방형 탐구에서는 예비과학교사들이 탐구 문제를 각각 다르게 설정할 수 있으며 실험을 수행하는 과정과 실험 결과로부터 얻은 결론도 모두 다르게 나타날 수 있음을 확인할 수 있다. 학생들이 작성한 보고서의 예시는 *Fig.* 2와 같다.

연구 결과 및 논의

과학 지식의 본성 이해의 변화

개방형 탐구 실험 활동을 경험한 학생들의 과학 지식의 본성에 대한 이해 검사의 평균과 표준편차, 반복측정 분산분석 결과는 *Table* 1과 같다. 개방형 탐구 실험 활동의 경험이 전체 평균과 하위 영역 중에서는 창의성, 초도덕성, 사회성이 통계적으로 유의미하게 향상되었다(p<.05). 창의성 영역에서는 8개 문항 모두 평균이 향상되었고, 특히 '과학 이론과 예술가의 작품은 창의성을 나타낸다는 의미에서 서로 비슷하다.' 문항이 1차 3.08점에서 2차, 3차에서


조별 실험

현상 :
실험용으로 시판되는 에탄올은 일반적으로 95%(v/v)이다. 시판용 에탄올, 순수한 증류수, 그리고 이 둘을 1:1로 섞은 용액을 각각 5mL씩 취하여 시험관에 넣고, 여기에 0.1M 중크롬산나트륨($Na_2Cr_2O_7$)에 황산(H_2SO_4)을 섞어 만든 용액을 각각 2mL씩 가하고 잘 섞는다.

(1) 현상을 관찰하여 기록하시오.

(2) 관찰한 결과를 바탕으로 *탐구문제*를 설정하여 보시오.
(※ 도움말 : 관찰한 현상에 영향을 주는 요인이 무엇일지 생각해 보세요!)

(3) 탐구문제에 대한 잠정적인 답(*가설*) 또는 예측을 적어보시오.

(4) 탐구 문제에 대한 실험을 설계하여 보시오. (*설계 및 수행*)
①
②
③
④
⑤

(5) 실험 결과를 기록하여 보시오. (*자료 수집*)
(실험을 수행하여 관찰하거나 측정하는 등 얻어낸 값을 명료하게 나타내보자.)

(6) 실험 결과를 근거로 결론을 도출하여 보시오. (*자료 분석 및 결론 도출*)
(앞에서 수집한 데이터를 증거로 하여 이 실험에서 알 수 있는 사실을 설명해보자.)

조별 실험

현상 :
실험용으로 시판되는 에탄올은 일반적으로 95%(v/v)이다. 시판용 에탄올, 순수한 증류수, 그리고 이 둘을 1:1로 섞은 용액을 각각 5mL씩 취하여 시험관에 넣고, 여기에 0.1M 중크롬산나트륨($Na_2Cr_2O_7$)에 황산(H_2SO_4)을 섞어 만든 용액을 각각 2mL씩 가하고 잘 섞는다.

(1) 현상을 관찰하여 기록하시오.

(2) 관찰한 결과를 바탕으로 *탐구문제*를 설정하여 보시오.
(※ 도움말 : 관찰한 현상에 영향을 주는 요인이 무엇일지 생각해 보세요!)

(3) 탐구문제에 대한 잠정적인 답(*가설*) 또는 예측을 적어보시오.

(4) 탐구 문제에 대한 실험을 설계하여 보시오. (*설계 및 수행*)
①
②
③
④
⑤

(5) 실험 결과를 기록하여 보시오. (*자료 수집*)
(실험을 수행하여 관찰하거나 측정하는 등 얻어낸 값을 명료하게 나타내보자.)

(6) 실험 결과를 근거로 결론을 도출하여 보시오. (*자료 분석 및 결론 도출*)
(앞에서 수집한 데이터를 증거로 하여 이 실험에서 알 수 있는 사실을 설명해보자.)

***Figure* 2.** Examples of report writing.

***Table* 1.** Test results of 'Nature of scientific knowledge'

	1st		2nd		3rd		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Creativity	3.53	0.55	3.69	0.44	3.91	0.36	11.58	.000*
Amorality	3.68	0.43	3.90	0.45	3.89	0.60	4.76	.012*
Development	4.11	0.37	4.07	0.27	4.18	0.38	1.51	.231
Integrity	4.18	0.35	4.17	0.42	4.24	0.36	0.87	.423
Verifiability	3.66	0.41	3.76	0.43	3.75	0.40	1.37	.260
Sociality	3.91	0.25	4.08	0.31	4.10	0.34	7.317	.001*
Total	3.85	0.19	3.95	0.21	4.02	0.28	10.826	.000*

*p<.05

각각 3.42점, 3.93점으로 다른 문항들에 비하여 매우 큰 폭으로 향상되었다. 초도덕성 영역에서는 6개 문항의 평균이 향상되었고, '과학 지식을 좋거나 나쁘다고 판단해서는 안 된다.' 문항이 1차 3.63점에서 2차, 3차 각각 3.83점, 4.0점으로 다른 문항에 비하여 비교적 크게 향상된 것으로 나타났다. 사회성 영역에서는 5개 문항의 평균이 향상되었고, '과학 지식을 만들어가기 위해서 여러 사람의 합의가 필요하다.' 문항이 1차 3.78점에서 2차, 3차 각각 4.11점, 4.22점으로 다른 문항에 비하여 비교적 크게 향상된 것으로 나타났다.

***Table* 2.** Multiple comparisons of 'Nature of scientific knowledge'

Test			Average difference	Standard error	p
Creativity	1st	2nd	-.165	.100	.107
		3rd	-.384	.076	.000*
	2nd	3rd	-.219	.056	.000*
Amorality	1st	2nd	-.218	.077	.008*
		3rd	-.207	.081	.015*
	2nd	3rd	.011	.081	.895
Sociality	1st	2nd	-.168	.046	.001*
		3rd	-.182	.061	.005*

*p<.05

반면 발전성과 통합성 영역은 1차, 2차, 3차 검사에서 다른 영역에 비해 평균이 높았으나 크게 변화를 보이지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학생들은 이미 고등학교 교육과정을 통해 과학 지식의 변천에 대해 학습하였으며, 융합과학의 도입[51]으로 물리, 화학, 생물, 지구과학의 과학 지식이 서로 관련이 있을 뿐만 아니라 법칙, 이론, 개념이 통합적으로 과학 지식 체계를 구성함을 이해하고 있기 때문인 것으로 보인다. 미국 초등 예비교사를 대상으로 개방형 수업 환경에서 진행된 연구[23]에서는 창의성과 검증 가능성 영역에서 유의미한 차이를 보여 본 연구 결과와는 다소 상이한 결과를 나타냈다.

사후 검정으로 창의성, 초도덕성, 사회성 영역에서 검사 시기 간의 유의미한 차이를 알아보기 위하여 다중비교 검증을 시행한 결과는 *Table* 2와 같다. 초도덕성과 사회성 영역은 개방형 탐구 활동을 경험한 초반에 유의미한 차이가 나타난 반면, 창의성 영역은 초반에 유의미한 차이를 보이지 않다가 후반에 유의미한 향상을 나타냈다(p<.05). 학생들이 조별로 이루어지는 개방형 탐구 활동을 경험함으로써 과학 지식이 여러 사람들의 논의와 합의를 기반으로 생성되며, 이 과정을 통해 생성된 과학 지식의 선악을 판단할 수 없다는 사회성과 초도덕성 영역은 비교적 직관적으로 이해하였기 때문에 초반에 유의미한 차이가 나타난 것으로 생각된다. 하지만 개방형 탐구를 경험하는 초반에는 자유롭게 가설을 설정하고 창의적으로 탐구를 진행하기보다 알고 있는 과학 지식을 활용해서 객관적으로 검증하는 것에 중점을 두어 창의성 영역의 경우 후반에 유의미한 차이가 나타났다고 보인다.

개인 면담 분석 결과, 검사지의 하위 영역 중 통계적으로 유의미한 변화를 보였던 창의성과 사회성 영역에서는 의미 있는 생각의 변화를 관찰하였으나 초도덕성 영역에 대한 변화는 나타나지 않았다. 오히려 통계적으로 유의미한 차이가 없는 발전성과 검사지 하위 영역에는 포함되어 있지 않은 주관성에 대해 언급한 다수의 학생이 있었다. 이를 바탕으로 분석한 면담 결과는 다음과 같다.

과학 지식의 구성 과정에서의 창의성. 과학의 본성 중 하나는 인간의 상상과 창조를 기반으로 과학 지식이 만들어진다는 것이다 [52,53]. 그러나 20명 중 13명의 학생들은 1차 면담에서 과학 탐구와 창의성은 전혀 연관이 없거나 별로 필요하지 않다고 응답하였다. 하지만 개방형 탐구 활동을 경험한 후에는 과학 지식을 구성하는 탐구 활동에 창의성이 필요하다고 응답하는 학생들이 증가하였다.

P13학생은 개방형 탐구를 경험한 후 2차 면담에서 창의성에 대한 자신의 생각이 바뀌었다고 직접적으로 언급하며, 현상을 관찰할 때 새로운 관점을 바라보기 위해 창의성이 필요하다고 응답하였다. 3차 면담에서는 보다 구체적인 상황을 제시하며 창의성이 필요하다는 것을 설명하였다. 또한 가설을 설정하거나 탐구를 수행할 때에도 다양한 관점에서 바라보며 창의적으로 사고하는 것이 필요함을 스스로 느꼈다고 덧붙였다.

솔직히 안 필요하다고 생각해요. 실험을 통해서는 뭔가 좀 객관적인 사실을 도출하는 거라고 생각하는데 저는. 창의성은 뭔가 주관이 개입된 듯한 느낌이 들어서 뭔가 낯선 것 같아요. (P13 1차)

창의성이 있어야 돼요. 제가 지난번에 창의성 필요 없다고 말씀 드렸잖아요. 근데 그게 진짜 바뀐 게 창의성이 있어야만 어떤 현상을 관찰할 때 새로운 관점으로 바라볼 수도 있고 그렇게 해야지만 과학도 발전 하는 것 같아요. (P13 2차)

창의력이 없으면요, 뭔가 실험할 때 사고가 너무 좁고 그러면 한 가지 방법으로밖에 생각을 못 할 것 같은데 창의력이 많으면 여러 가지 관점에서 바라볼 수 있잖아요. 가설을 세울 때도요, 창의성이 있으면 되게 신선하게 접근할 수 있잖아요. 수행을 할 때도 필요하다고 생각을 하는 게 부피를 측정할 때도 꼭 저울이 아니라 만약에 창의적인 사람이고 다른 도구가 많다면 이렇게 해보는 건 어때 이런 식으로 좀 더 편리한 방법을 찾을 수도 있을 거 같고요. (P13 3차)

P30학생은 1차 면담에서 가설 설정과 같은 탐구의 특정 과정에서 창의성이 필요하다고 생각하고 있었으나, 과학 지식을 구성해 나가는 전체 과정에서 창의성이 필요한 것으로 이해하지는 못하였다. 그러나 2차 면담에서는 일반적인 과학 탐구 활동에서 창의성이 기반이 된다는 점을 이해하는 것으로 나타났다. 3차 면담에서는 탐구 문제나 가설을 설정하는 단계 외에도 실험을 설계하고 결과를 해석해 결론을 도출하는 탐구의 전 과정에 있어서 창의성이 필요하다고 응답하였다.

탐구 문제 설정하는 것부터가 창의적이라고 생각하고 만약에 그거에 대한 결론이 나왔고 또 다른 과학 지식이 생겼는데 그거랑 연관 지어 생각하려는데 맞지 않을 경우에도.. 한 가지 요인 밖에 다른 이유가 없는 건 아니잖아요. 그래서 되게 다양한 걸 생각하려면 창의력이 중요하다고 생각해요. 해석하는 데도 중요하고 비교하는 경우에도 중요하고. 우선 시작부터가 뭔가 해야겠다, 이렇게 설계를 하자 이런 것도 다 창의력이 중요하다고 생각해요. 다른 실험 방법을 생각할 수도 있잖아요. (P30 3차)

과학 탐구 과정에서 창의성이 필요하다고 응답한 학생은 1차 면담에서 7명이었으나, 2차 면담에서는 15명으로 증가하였다. 이 중에는 탐구 문제를 정하고 가설을 세워 탐구를 수행한 후에는 과학 지식의 객관성을 확보하기 위해 창의성이 필요하지 않다고 생각하는 미성숙한 관점을 보인 학생은 10명이었고, 자료를 수집한 후 왜 그런 결과가 나타났는지 설명하기 위해서도 창의성이 필요하다고 생각하는 성숙한 이해의 관점을 가진 학생은 5명이었다. 이후 3차 면담에서는 성숙한 이해의 관점을 가진 학생이 9명으로 증가하였다. 이러한 결과는 개방형 탐구를 경험하는 학기 중반까지는 탐구 문제나 가설을 설정하는 것에 초점을 맞추어 창의적 사고의 필요성 역시 탐구 문제나 가설 설정 과정에서만 필요하다고 이해한 것으로 볼 수 있다. 하지만 개방형 탐구 활동의 경험이 많아질수록 결과를 얻고 해석하는 방법이 정해져 있지 않다는 것을 깨닫고 탐구의 모든 과정에서 창의성이 필요하다고 이해하게 된 것으로 판단된다.

합의를 통해 구성되는 과학 지식의 사회성. 탐구를 통해 과학 지식을 구성할 때에는 합의를 이끌어내야 하기 때문에[19,40] 다른 구성원들을 설득하여 동의를 얻는 과정이 필요하다. 그러나 개방형 탐구 활동을 경험하기 전에는 대부분의 학생들은 한 사람의 과학자에 의해 과학 지식이 만들어질 수 있다고 이해하고 있는 것으로 나타났다. P35학생은 한 명의 과학자가 자신의 가설을 검증하게 되면 이론이 된다고 응답하여, 다른 사람과의 협의나 동의를 얻는 과정에 대해서는 생각하지 않는 것으로 보인다. 하지만 2차 면담에서는 1차 면담과는 달리 다른 사람들이 어떠한 생각을 갖는지 고려해야 한다고 응답하였다. 과학 지식이 생성 되는 과정이 여러 사람에 의해 이루어진다는 것을 이해하게 된 것으로 보인다. 또한 실제 자신이 조원들과 논의를 하며 생각이 수정되거나 정리되는 경험을 한 것을 바탕으로 이야기하는 모습을 보였다.

자기가 생각한 게 가설인 거잖아요. 이런 결과가 나올 것이다. 그런 거를 어떻게 보면 혼자 실험을 하면서 밝혀나가서 자기의 생각과 맞으면 그게 이론이 되는 거고. 그런 거 아닐까요? (P35 1차)

논의 하면서 제 생각이 수정되는 것도 많았고. 그래서 그게 (여러 사람과 탐구하는 게) 제일 중요한 거 같아요. (…) 만약에 처음부터 끝까지 다 혼자 설계를 해야 한다고 하면은 확신도 좀 더 없을 거 같고. 그래도 좀 다른 생각을 갖고 있는 사람도 있고 비슷한 생각을 하는 사람도 있고 하니까. (P35 2차)

구조화된 탐구나 안내된 탐구 역시 조별 활동으로 이루어져, 조원들과 의사 소통할 수 있지만 탐구 문제를 비롯해 방법과 결과가 제시되어 있는 방식의 탐구를 통해서는 단순히 절차 수행에 필요한 대화만 제한적으로 이루어졌다고 생각된다. 학생들의 탐구 경험은 대부분 고등학교 수업이었으며, 교과서 탐구 활동이 의사소통 활동을 충분히 반영하지 못하였다는 연구 결과와 같은 맥락으로 보인다.[54] 면담을 통해 학생들이 이전에 경험한 탐구보다 개방형 탐구 활동이 더 많은 의사소통을 기반으로 진행되었음을 알 수 있다.

현상을 관찰해 봐라 약간 이런 게 더 많아서(고등학교 때) 반에서 하는 수업은. 애들하고 이 문제에 대해서 어떻게 생각해? 실험을 어떻게 해야 할 거 같아? 이런 세세한 문제까지 얘기를 할 수가 없었거든요. 그래서 그 때는 딱히 그렇게까지는 생각을 안 했던 거 같아요. (P35 2차)

P35학생은 한 명의 과학자가 이론을 만들 수 있다고 응답했던 1차 면담과 달리 3차에서는 여러 기관이 협력하여 과학 지식을 구성해 나간다고 응답하였다.

뭔가 예전에는 느낌이 혼자 연구하는 과학자가 많았을 거 같았는데. 근데 요즘에는 되게 많은 사람들이 같이 하니까 지금은 좀.. 여러 기관들이 이제 힘을 합쳐서 지식을 쌓는 거 같아요. (P35 3차)

3차 면담에서는 P35학생의 응답처럼 여러 공동체들의 협력으로 과학 지식을 구성해 나갈 수 있다고 이해하는 학생들이 나타났다. 과학 지식을 생성하는 과정인 과학 탐구는 공동체 안에서 이루어지며, 과학과 관련한 다양한 공동체는 더 큰 공동체 즉, 사회 구성원들의 공동체 안에 존재한다.[41] 과학 지식은 다양한 공동체 속에서 발전하고 수용되며 그 표준이 세워지기 때문에[42] 과학 지식을 구성해 나가는 과정에는 과학자나 연구원뿐만 아니라 우리 사회의 다양한 구성원이 참여할 수 있다. 하지만 과학 지식이 만들어지는 과정이 과학자나 연구원의 공동체에서 더 나아가, 보다 큰 공동체에 속한 사회 구성원들의 합의로써 이루어진다는 성숙한 이해의 관점을 갖게 된 학생은 3차 면담에서도 2명에 불과하였다.

탐구를 통한 과학 지식의 발전성. 과학 지식의 본성 이해 검사지 분석 결과에서 발전성 영역의 평균은 1차, 2차, 3차 면담에서 모두 다른 영역에 비하여 높게 나타났다. 1차 면담을 통해서도 대부분의 학생들은 과학 지식의 발전성을 이해하고 있는 것으로 나타났다. P15학생은 1차 면담에서 단순히 지금까지 그래왔기 때문에 과학 지식이 바뀔 수 있으며 계속해서 발전해 나간다고 응답하였다. 반면 2차, 3차 면담에서는 탐구를 통해 과학 지식이 만들어지는 과정을 예시로 들어 과학 지식이 계속해서 발전해나가는 것을 설명하였다. 과학 지식을 구성할 때 창의성이 필요하다는 것을 바탕으로 기존과 다른 측면에서 탐구를 수행해 다른 결과를 얻을 경우, 과학 지식이 수정되거나 바뀔 수 있다고 이해한 것으로 보인다.

그런 게 지금까지 해 왔고 또 앞으로도 그렇게 해서 과학이 발전될 거니까 바뀔 수 있다고 생각해요. 충분히. (P15 1차)

다른 의견을 가진 사람들이 모일수록 그 의견을 서로 수정되고 하니까 좀 더 바른 방향으로 나아갈 수 있는 거 같아요. 그렇게 해서 만들어졌지만 그래도 모인 과학자들이 생각하지 못한 아니면 미처 발견하지 못한 현상이 있을 수 있으니까 계속 수정이 될 수 있다고 생각해요. (P15 2차)

옛날에 있던 게 물론 맞는 것도 있긴 하지만 좀 더 하다 보면은 창의성 그 다양한 측면에서 보다 보면 또 다른 결과가 나올 수 있으면 좀 보강되거나 수정될 수 있을 거 같아요. 탐구 했는데 생각한 거랑 다르면 생각한 게 잘못 됐거나 실험이 잘못된 것 중에 하나니까 실험을 다시 해보고 아니면 또 다른 방향으로 실험을 해봤는데도 또 다르면 바뀌어야 된다고 생각해요. (P15 3차)

P1학생의 경우에는 2차 면담까지 과학 지식이 항상 바뀌었던 사례들을 보아 과학 지식이 변할 수 있다고 설명하였다. 하지만 3차 면담에서는 실험을 예로 들며 결론에 대한 해석이 잘못 되었을 경우 과학 지식이 바뀔 수 있다고 응답하였다.

일단은 실험이 잘못 된 걸 수도 있고 기술이 발달 하다 보면 당연히 새로운 실험들이 많이 생기니까 그걸 하다 보면 그건 예외였다 이렇게 결론을 낼 수도 있는 거고. 아니면 아까 전 같은 경우처럼 결론을 냈는데 사실 저렇게도 해석될 수 있어가지고 뭐 잘못되었다. 그래서 바뀔 수 있는 거 같아요. (P1 3차)

P1학생은 개방형 탐구 중 실제로 실험 결과에 대한 해석에 따라 실험의 결론이 달라지는 것을 경험했다고 하였다. 이러한 탐구 과정을 경험하며 과학자의 해석에 따라서 결론이 달라질 수 있다는 것을 알게 되고, 이로부터 과학 지식이 수정되고 발전되는 이유를 생각하게 된 것으로 보인다. 1차 면담의 분석 결과, 과학 지식은 탐구를 통해 계속해서 발전할 수 있다고 생각하는 성숙한 이해의 관점을 가진 학생은 4명에 불과했지만 2차 면담에서는 12명, 3차 면담에서는 14명으로 증가하였다.

연구자 관점이 개입되는 과학 탐구의 주관성. 본 연구에서 사용한 과학 지식의 본성에 대한 이해 검사지의 하위 영역에는 과학 지식을 구성하는 탐구 과정에 연구자의 주관이 개입될 수 있다[20,52,55]는 주관성 영역은 포함되어 있지 않다. 따라서 검사지를 통해 분석하지는 못하였지만 개인 면담에서 많은 학생들이 개방형 탐구를 경험하면서 과학 탐구를 통해 지식을 구성해 나갈 때 연구자의 주관이 개입될 수 있음을 응답하였다.

1차 면담에서 다수의 학생들이 과학 지식이나 탐구 방법은 객관적이라고 언급하였다. 이로부터 학생들이 과학 지식의 주관성에 대하여 어떻게 이해하고 있는지 알아보고자 2차, 3차 면담에서 주관성과 관련된 질문을 하였다. 면담을 진행하면서 학생들이 응답한 내용을 분석하여 도출한 주제이기 때문에 변화를 분석하는 것은 다소 어려움이 있었다. 하지만 1차 면담에서 다른 과학 지식의 본성 영역에 해당하는 응답을 통해 학생들의 생각을 알 수 있었다.

P3학생은 과학 지식의 사회성을 설명하면서 탐구 과정이 객관적이라고 말하였다. 2차 면담에서도 1차 면담과 유사하게 많은 결과들을 통해 결론을 도출하여 과학 지식이 만들어지기 때문에 반증이 존재하지 않는다면 객관적이라고 응답하였다. 하지만 3차 면담에서는 같은 질문에 대해 다른 응답을 하였다. 탐구 결과를 해석하고 판단하는 과정에서 연구자의 주관이 개입될 수 있다고 이해하는 것으로 나타났다. 또한 개방형 '탐구화학실험'을 통해 본인이

직접 느꼈다고 덧붙인 것으로 미루어 볼 때, 실제 자신의 경험을 토대로 탐구 결과를 해석하는 과정뿐만 아니라 현상을 관찰하고 탐구 문제를 설정하는 과정에서도 연구자의 주관이 개입될 수 있다고 이해하게 되었다고 생각된다.

뭐 실험은 한 번 하고 끝나는 게 아니라 여러 번 하면서 그 결과가 일치하는지 설명을 요구하기 때문에 그래서 저는 실험은 많은 사람들이 여러 번 하니까 일반화가 될 수도 있는 거고 그래서 객관적이라고 생각해요. (P3 1차)

근데 실험에서 약간 오차 같은 게 많이 있을 수도 있고 아니면 약간 그걸 보고 해석을 잘못할 수도 있으니까 그건 약간 주관적일 수도 (…) 가설이랑 다르게 결과가 나올 수 있잖아요. 그걸 판단하는 과정에서 약간 자기 주관적인 의견이 개입되어가지고 이게 이렇게 돼서 안 나왔을 것이다 이렇게 이 현상을 보고 어떤 과학적인 현상이랑 관련이 되어 있을 것이라는 걸 개입하는 것부터가 약간 자기 생각을 말하는 거기 때문에 (…) (P3 3차)

P14학생도 2차 면담에서 과학 지식을 만들어가는 과정에 주관이 개입되지 않고 실제 자신이 탐구 활동에서 경험했던 것처럼 변인을 통제하거나 사진을 촬영하는 등 객관적으로 진행하였을 것이라고 응답했으나, 3차 면담에서는 원하는 결과가 있을 경우 주관이 개입될 가능성이 있다고 생각하는 것으로 나타났다.

뭔가 바라는 그런 결과가 있으면 충분히 주관적일 수 있을 거 같아요. 만약에 실험 결과가 실제 현상이랑 맞지 않으면 그렇게 나왔더라도 뭐 다시 한다든가 다른 조작을 해본다든가 이러면서 계속 맞춰나가려고 하니까. (P14 3차)

개방형 탐구는 제시된 과정을 그대로 수행하는 것이 아니라, 실제 과학자와 같이 탐구를 독립적으로 수행하기 때문에 이를 통해 학생들이 과학 지식을 구성하는 과정에서 주관이 개입될 수 있다는 것을 경험한 것으로 보인다. 특히 탐구 문제에 대해 가설을 설정한 후 가설이 기각되지 않는 방향으로 탐구를 진행하게 되는 것을 경험하였다고 응답하였으며, 결과를 해석하여 결론을 도출하는 과정에서도 연구자의 해석에 따라 결론이 달라질 수 있다고 생각하게 된 것으로 나타났다.

과학 탐구에 대한 태도의 변화

개방형 탐구 실험 활동을 경험한 학생들의 과학 탐구에 대한 태도 검사의 평균과 표준편차, 반복측정 분산분석 결과는 *Table* 3과 같다. 개방형 탐구 실험 활동 경험 후 평균이 통계적으로 유의미하게 향상되었으나(p<.05), 1차보다 2차 평균이 낮아졌고 다시 3차에서 높아지는 경향을 보이고 있다. 문항별로 살펴보면 20개 문항 중 13개 문항의 평균이 1차보다 2차에서 낮아졌다가 3차에서 다시 높아졌다. ‘나는 어떤 일이 일어난 원인을 실험을 통해 알아내는 것을 선호한다’라는 문항의 경우 1차, 2차, 3차의 평균이 각각 3.29점, 3.09점, 3.32점이고, 유사하게 ‘나는 어떤 문제에 대한 답을 듣는 것보다 실험을 하여 해결하기를 좋아한다’ 문항에서는 1차, 2차, 3차 평균이 각각 3.29점, 3.09점, 3.32점으로 나타났다.

Table 3. Test results of ‘Attitude toward scientific inquiry’

1st		2nd		3rd		F	p
M	SD	M	SD	M	SD		
3.45	0.39	3.38	0.31	3.54	0.37	3.305	.042*

*p<.05

Table 4. Multiple comparisons of ‘Attitude toward scientific inquiry’

Test		Average difference	Standard error	p
1st	2nd	.064	.054	.243
	3rd	-.089	.065	.184
2nd	3rd	-.152	.049	.004*

*p<.05

사후 검정으로 다중비교 검증을 통해 검사 시기 간의 과학 탐구에 대한 태도의 차이를 분석한 결과, *Table* 4와 같이 2차와 3차 사이에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(p<.05).

최진과 서혜애의 연구[56]에서는 교사교육 과정에서 탐구 중심 생물 수업을 경험한 예비과학교사의 과학 태도에 긍정적 변화가 나타났다. 반면 개방적 가설검증 모형의 탐구 수업을 경험한 고등학생들은 과학에 대한 태도가 부정적으로 변화하였다.[25] 본 연구에서 개방형 탐구 활동을 경험한 학생들의 경우 최종적으로 과학 탐구에 대한 태도가 긍정적으로 향상되었으나, 학기 중반에는 부정적이었고 학기 말에는 긍정적으로 변화한 것은 주목할 필요가 있겠다. 학생들이 개방형 탐구 활동이 계속됨에 따라 개방형 탐구 활동을 어떠한 상황에서 경험하였는지, 태도가 어떻게 변화하였는지 보다 구체적으로 알아보기 위해 개인 면담을 분석하였다.

P9학생은 개방형 탐구 활동을 경험한 중반까지 태도가 부정적이었으나 학기말에는 긍정적으로 변한 것으로 나타났다. 학기 중반에 시행한 2차 면담에서는 개방형 탐구 활동에서는 답을 알지 못한 채 스스로 해결해 가는 과정을 경험하였기 때문에 탐구가 불확실하다고 생각했고, 탐구보다 직접적으로 지식을 전달 받는 것을 더 선호하는 것으로 보고했다. 또한 개방형으로 진행되는 수업 방식을 “낯

설다.", "당황스럽다."고 표현하였다. 이와 같은 요인들이 과학 탐구에 대한 태도에 부정적인 영향을 준 것으로 생각된다. 하지만 3차 면담을 통해서는 개방형 탐구 활동을 경험할수록 점차 익숙해졌다고 응답하였다.

확실히 교수님께서 말씀해 주시는 거는 이게 뭔가 좀 약간 결정을 해주신 거니까 되게 마음은 편하죠. 그거에 비해서 탐구 같은 경우에는 이게 맞나? 좀 이렇게 되다 보니까 불확실하다 해야 하나? (P9 2차)

처음에는 조금 되게 당황스러웠는데(예전에는) 주어진 것만 하다 보니까.. 이제 익숙해지더라고요. 더 꼼꼼하게 볼 수 있게 되는 것 같고. (…) 아까도 말씀 드렸듯이 너무 주어진 것만 따라서 하다 보면 방법에 의미를 잘 안 두게 되는데, 지금 같은 경우에는 방법에도 오히려 도움이 돼서. (P9 3차)

P9학생은 탐구를 경험함으로써 세밀하게 관찰할 수 있게 되었다고 응답하였으며, 탐구의 과정에 대해서도 긍정적인 태도를 보이는 것으로 생각된다. 낯선 개방형 탐구의 방식에 익숙해진 것이 과학 탐구에 대한 태도가 긍정적으로 변하는 데 영향을 주었다고 볼 수 있다. 본 연구에 참여한 학생들은 대부분 1학년 1학기에 재학 중이었고, 중·고등학교 과학 수업에서 개방형 탐구 경험을 해 본 학생은 20명 중 6명에 불과하였다. 이에 실제 탐구 과정을 스스로 수행해야 하는 개방형 탐구 초반에는 과학 탐구가 복잡하고 어렵다고 생각하여 부정적인 태도를 보인 것으로 생각된다.

반면 P13학생의 경우 탐구를 경험할수록 과학 탐구에 대해 계속해서 긍정적인 태도를 보였다. 2차 면담 내용을 통해 개방형 탐구 활동을 경험함으로써 뿌듯함과 성취감을 느끼게 된 것을 알 수 있었다. 또한 개방형 탐구를 경험한 후 실생활에서도 과학 탐구와 같은 방식으로 생각하게 되었다고 응답하였다. 3차 면담에서는 탐구에 대해 더욱 긍정적인 태도를 보였다.

저는요 솔직히 이런 실험 수업 자체가 처음이란 말이에요. 저희가 스스로 찾아서 해야 되는 거. 그래서 오늘은 또 뭘 해야 되지 이런 생각 들기도 하는데 또 하다 보면 끝내고 나면요 '우리가 또 이런 걸 해냈구나!' 이렇게 뿌듯함이 들고. 직접 실험 수업에 참여하게 되니까 적극적으로 변하고 또 일상생활에서 어떤 뭐 예를 들어서 날씨가 갑자기 변하거나 막 그럴 때요. '이거 왜 그럴까' 약간 이렇게 생각하고 그런 적도 있어요. (P13 2차)

과학 탐구하면 엄청 전문적인 거 같고 되게 논리적으로 해야만 하는 거라 생각했는데 이 수업하고 나서는 진짜 우리가 정말 호기심을 궁금한 걸 알아내려고 노력하는 것도 탐구인 거 같고. 그것도 그렇고 실험을 하면서 뭔가 자신감이 생긴 거 같아요. 나도 스스로 할 수 있다. (P13 3차)

개방형 탐구 활동을 경험하며 과학 탐구를 이전보다 친근하게 생각하게 된 것으로 보인다. 또한 직접 자신감이 생겼다고 언급하였으며, 이 외에도 "뿌듯했다", "기쁘다"와 같이 탐구 활동에서 느낀 바를 표현하여 과학 탐구에 대한 태도가 매우 긍정적인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Woolnough[57]의 연구에서 학생들이 자율적으로 탐구 문제를 선정해 연구할 때 보다 긍정적인 태도를 나타낸다는 연구 결과와도 일치한다.

P34학생의 경우는 개방형 탐구 활동이 진행되는 동안 계속해서 탐구는 복잡하고 어려운 것이라는 생각을 하며 부정적인 태도를 보였다. 과학 탐구가 어렵고 힘든 이유를 물었을 때 탐구 과정 자체보다는 다른 전공 수업, 평가와 같은 요인들로 응답하였다. 개방형 탐구 활동을 경험하는 동안 다른 요인들로 인해 느낀 부정적 감정들이 과학 탐구에 대한 태도에 부정적인 영향을 미쳤을 수 있다. 개방형'탐구화학실험'이 한 학기 동안 진행된 후에도 과학 지식을 생성해 나가는 과학 탐구에 대해 부정적인 태도를 보였으며 탐구를 통해 구성하는 것보다 이미 구성된 과학 지식을 습득하는 것을 더 선호하는 것으로 나타났다.

평가도 있고 뭔가 그 때 시간이 전공 3연강이어서 피곤하고 집에 빨리 가고 싶고. (P34 2차)

그냥 뭔가 탐구가 힘들었어요. 수학 같은 경우는 답이 있는 거라는 생각으로 다가가서 그렇게 그냥 내가 아는 것만 알고 그냥 보고 그런 것만 했는데 이거(탐구)는 뭔가 내가 생산을 해야 될 거 같은 느낌이라서 그런 게 좀 어려웠던 거 같아요. 저한텐 생성보다는 원래 있는 걸 하는 게 맞는 거 같아요. (P34 3차)

과학 탐구에 대한 면담 내용을 과학 탐구의 중요성, 과학 탐구에 대한 선호, 과학 탐구에 대한 흥미의 3개 항목으로 구분하여 긍정적인 태도를 나타내는 학생 수를 분석한 결과, *Table* 5와 같이 변화하는 것으로 나타났다.

검사지 분석 결과에서 탐구 활동 2차 검사에서 과학 탐구에 대해 부정적인 태도를 보인 것은 대다수의 학생들이 과학 탐구의 중요성은 계속하여 인식하고 있으나, 과학 탐구에 대한 선호와 흥미에 대해 긍정적인 태도를 보인 학생 수가 감소했기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 전반적으로 3차 면담에서 학생들은 낯선 개방형 탐구 수업 방식에 익

***Table* 5.** Interview result of 'Attitude toward scientific inquiry' (unit : number)

Interview	Importance of scientific inquiry	Preference in scientific inquiry	Interest in scientific inquiry
1st	15	11	11
2nd	16	7	8
3rd	16	14	16

숙해 졌다고 하였으며, 과학 탐구를 직접 경험함으로써 탐구의 필요성과 중요성을 알게 되었고 흥미도 증가하였다고 응답하였다. 처음 접하는 개방형 탐구 과정이 어렵고 복잡하다고 생각해 과학 탐구에 대한 태도에 부정적 영향을 줄 수 있다고 생각되나, 충분한 개방형 탐구 활동을 경험했을 때 과학 탐구에 대한 태도가 긍정적으로 변화할 수 있는 것으로 보인다. 이는 실제 과학자의 탐구에 가깝게 설계한 '확장적 탐구'를 적용한 윤혜경과 박승재[58]의 연구에서도 탐구 동기가 통계적으로 유의미하게 향상되지는 않았지만, 전반부보다 후반부에서 긍정적인 변화가 나타난 것과 유사한 결과라고 볼 수 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 교사양성 교육과정에서 개방형 탐구를 경험한 예비과학교사들의 과학 지식의 본성에 대한 이해와 과학 탐구에 대한 태도가 어떻게 변하는지 탐색하고자 하였다. 한 학기 내의 총 10차시의 개방형 '탐구화학실험'을 경험한 사범대학 1학년 학생 40명을 대상으로 과학 지식의 본성에 대한 이해와 과학 탐구에 대한 태도 검사를 실시하였고, 그 중 20명을 대상으로 개인 면담을 진행하였다. 본 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

첫째, 검사지 측정을 통해 한 학기 동안 개방형 탐구 활동을 경험한 학생들의 과학 지식의 본성에 대한 이해가 유의미하게 향상되었음을 알 수 있다(p<.05). 특히 초도덕성과 사회성 영역은 개방형 탐구 활동을 경험한 초반에 유의미한 향상을 나타낸 반면, 창의성 영역은 초반에 유의미한 차이를 보이지 않다가 후반에 유의미한 향상을 나타냈다. 면담 분석 결과를 보면 많은 학생들이 창의성은 학기 초반에는 특정 탐구 과정에서만 필요하다고 이해하고 있으나, 개방형 탐구 활동을 경험하고 난 후에는 모든 탐구 과정이 창의성을 기반으로 이루어진다고 이해하게 된 학생이 증가한 것으로 나타났다. 사회성 영역에 대한 이해는 개방형 탐구 활동이 진행됨에 따라 계속해서 증가하였으나, 과학자나 연구원을 포함한 사회 전체 구성원의 합의에 의해 과학 지식이 구성된다고 이해하는 성숙한 관점을 가진 학생은 비교적 많지 않았다. 또한 검사지의 하위 영역에 포함되어 있지 않은 주관성에 대한 이해 변화가 나타났다. 학생들은 개방형 '탐구화학실험'을 통해 실제 과학 지식이 만들어지는 탐구 과정을 경험할 수 있었고, 이를 바탕으로 과학 지식의 본성을 이해하게 되었다고 해석할 수 있다.

둘째, 검사지 측정을 통해 개방형 탐구를 경험한 학생들의 과학 탐구에 대한 태도는 학기 초반에 부정적인 것으로 나타났으나 학기 후반으로 갈수록 긍정적으로 변화함을 알 수 있다(p<.05). 면담 분석 결과를 보면 전반적으로 개방형 탐구를 경험한 후, 학기 중반까지는 탐구로써 과학 지식을 구성하기보다 이미 밝혀진 과학 지식을 배우거나 교수자에게 답을 듣는 것을 더 선호하는 등 과학 탐구에 대한 부정적인 태도가 나타났다. 탐구 문제와 가설을 설정하고 탐구 과정을 설계하는 등 새로운 것을 창안하는 것에 대해 부담을 느끼거나, 과학 탐구는 복잡하고 어려운 것이라고 생각하여 부정적인 태도를 보인 것으로 생각된다. 하지만 개방형 탐구 활동을 지속적으로 경험함으로써 과학 탐구 활동에 익숙해지고 탐구를 통해 문제를 해결하는 과정에 흥미를 느끼며 점차 긍정적인 태도가 나타났다. 학생들은 탐구를 통해 과학 지식을 구성하는 것의 중요성을 느끼고, 탐구 과정을 경험하며 뿌듯함과 자신감이 생겼다고 답하는 등 과학 탐구에 대해 긍정적인 태도를 보였다. 개방형 탐구 활동을 일회성 또는 단기적으로 경험할 경우, 오히려 탐구는 복잡하고 어려운 것이라고 생각해 과학 탐구에 대한 태도가 부정적으로 변할 수 있다고 생각된다. 따라서 충분한 기간을 갖고 개방형 탐구를 경험하는 것이 과학 탐구에 대한 태도에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 보인다.

본 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 개방형 탐구를 직접 경험하면서 과학 지식의 본성을 이해하고 개방형 탐구에 대해 긍정적인 태도를 갖게 된 것은 의미 있는 결과라고 할 수 있다. 본 연구의 결과를 미루어 볼 때, 학생들이 개방형 탐구를 수행하는 초반에 어려움을 겪으며 부정적 태도를 보임을 고려하여 교수자는 사전 활동을 체계적이고 구체적으로 구성할 필요가 있다고 생각된다. 이에 교사양성 교육과정에서 예비과학교사들이 과학 지식이 구성되는 과정을 실제 경험을 통해 이해할 수 있도록 충분한 기회를 제공할 필요가 있다는 시사점을 얻을 수 있다.

둘째, 본 연구에 참여한 학생들은 대부분 교과교육학 과목을 수강하기 이전인 1학년 1학기 학생들이었다. 그렇기 때문에 개방형 탐구를 적용한 교수-학습에 대한 인식을 탐색하는 것에는 한계가 있었다. 학생들이 교과교육학 과목을 수강한 후 실제로 수업을 구상하고 적용할 때, 개방형 탐구 활동을 경험한 것이 어떠한 영향을 주는지 탐색하여 개방형 탐구에 대한 인식과 실제 수행에 대해 연구할 필요가 있다고 생각된다.

셋째, 본 연구에서 개방형 '탐구화학실험'은 실험실습

과목으로 개설되었기 때문에 모든 탐구 활동이 실험에 초점을 맞추어 진행되었다는 한계점이 존재한다. 과학 지식은 실험을 비롯해 다양한 탐구 방법을 통해 구성될 수 있으며 탐구 문제에 따라 적절한 탐구 방법을 선택해야 한다.[19] 따라서 논의, 모델링, 자료 조사 및 분석, 글쓰기 등 다양한 탐구 방법이 강조된 개방형 탐구 활동을 경험할 때 학생들에게 본 연구와 비교하여 어떠한 변화가 나타나는지 탐색한다면 또 다른 시사점을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

Acknowledgments. Publication cost of this article was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

1. Ministry of Education. Science Curriculum. Notice No. 2015-74, **2015**.
2. Kim, B. K.; Kown. J. S. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **1994**, *14*, 251.
3. American Association for the Advancement of Science. *Science-a process approach?*. Washington, DC: **1990**.
4. Anderson, R. D. *Journal of Science Teacher Education*, **2002**, *13*, 1.
5. Driver, R.; Newton, P.; Osborne, J. *Science education*, **2000**, *84*, 287.
6. Kim, H. K.; Song, J. W. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2003**, *23*, 254.
7. Han, S. J.; Choi, S. U.; Noh, T. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2012**, *32*, 82.
8. Park, G. N.; Kim, Y. S. *Journal of Science Education*, **2007**, *31*, 1.
9. Yang, I. H.; Jeong, J. W.; Hur, M.; Kim, S. M. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2006**, *26*, 342.
10. Wellington, J. J. *Practical Work in School Science: Which Way Now?;* Routledge: **2002**.
11. Bell, R.; Blair, L. M.; Crawford, N. A.; Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching*, **2003**, *40*, 487.
12. Hofstein, A.; Lunetta, V. *Science Education*, **2004**, *88*, 28.
13. Lee, H. C.; Lee, J. H. *Journal of Science Education*, **2010**, *34*, 405.
14. Richmond, G.; Striley, J. *Journal of Research in Science Teaching*, **1996**, *33*, 839.
15. Martin-Hansen, L. *The Science Teacher*, **2002**, *69*, 34.
16. Willison, J.; O'Regan, K. *Higher Education Research and Development*, **2007**, *26*, 393.
17. Zion, M.; Shapira, D.; Slezak, M.; Link, E.; Bashan, N.; Brumer, M.; Mendelovici, R. *Journal of Biological Education*, **2004**, *38*, 59.
18. Hofstein, A.; Lunetta, V. *Review of Educational Research*, **1982**, *52*, 201.
19. Sandoval, W. *Science Education*, **2005**, *89*, 634.
20. Schwartz, R. S.; Lederman, N. G.; Crawford, B. A. *Science Education*, **2004**, *88*, 610.
21. Kim, M. K.; Kim, H. B. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2008**, *28*, 565.
22. Kim, J. Y.; Kang, S. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2007**, *27*, 169.
23. Martin-Dunlop, C. *Research in Science Education*, **2013**, *43*, 873.
24. Song, Y.; Schwenz, R. *Journal of College Science Teaching*, **2013**, *42*, 50.
25. Jeong, D. H.; Bang, J. A.; Choi, C. I.; Choe, W. H. *Journal of the Korean Chemical Society*, **2006**, *50*, 385.
26. Moebius-Clune, B.; Elsevier, I. H.; Crawford, B. A.; Trautmann, N. M., Schindelbeck, R. R.; van Es, H. M. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, **2011**, *40*, 102.
27. Lee, G. H.; Kim, S. J.; Park, J. W. *Journal of Gifted/Talented Education*, **2009**, *19*, 1.
28. Lim, J. K.; Yang, I. H.; Hong, E. J.; Lim, S. M.; Kim, S. M. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2010**, *30*, 291.
29. Berg, A. C.; Bergendahl, C. V.; Lundberg, B. K.; Tibell, L. A. *International Journal of Science Education*, **2003**, *25*, 351.
30. Chatterjee, S.; Williamson, V. M.; McCann, K.; Peck, L. M. *Journal of Chemical Education,* **2009**, *86*, 1427.
31. Windschitl, M. *International Journal of Science Education*, **2001**, *23*, 17.
32. Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N. G. *International Journal of Science Education*, **2000**, *22*, 665.
33. Akerson, V. L.; Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching*, **2000**, *37*, 295.
34. Koch, J. *Science stories: science methods for elementary and middle school teachers(4th ed.),* Cengage Learning: 2010.
35. Paeng, A. J.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2005**, *25*, 146.
36. Jin, S. H.; Jang, S. H. *Journal of Korean Elementary Science Education,* **2007**, *26*, 181.
37. Cho, S. M.; Baek, J. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2015**, *35*, 573.
38. Kim, M. S. The meta-analysis of studies by views on nature of science, Master Dissertation, Graduate School of Education Chonnam National University, Gwnagju, Korea, February, **2008**.
39. Rubba, P. A.; Anderson, H. O. *Science Education*, **1978**, *62*, 458.
40. Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Schwartz, R. S. *Journal of Research in Science Teaching*, **2002**, *39*, 497.
41. Knorr C. K. *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge;* Cambridge University Press: **1999**.
42. Schwartz, R.; Lederman, N. G. *International Journal of Science Education*, **2008**, *30*, 727.
43. Aikenhead, G. S.; Ryan, A. G. *Science Education*, **1992**,

76, 477.
44. Lim, J. H.; Kang, S. M.; Kong, Y. T.; Choi, B. S.; Nam, J. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2004**, *24*, 1143.
45. Fraser, B. J. *TOSRA: Test of Science-Related Attitudes;* Ailanby Press: **1981**.
46. Lee, S. H. The Development and Effects of Scientific Experiments for Advancement of Hypothetical Thinking Master Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, February, **2005**.
47. Miles, M. B.; Huberman, A. M. *Qualitative Data Analyses: A Sourcebook of New Methods;* Sage publication: **1984**.
48. Liu, S.; Lederman, N. G. *International Journal of Science Education*, **2007**, *29*, 1281.
49. Kang, S. H.; Woo, A. J. Inquiry General Chemistry Experiments; Bookshill: **2008**.
50. Lee, H.; Songer, N. B. *International Journal of Science Education*, **2003**, *25*, 923.
51. Ministry of Education, Science, and Curriculum, Notice No 2009-41, 2010.
52. National Science Teachers Association [NSTA]. *A high School Framework for National Science Education Standards: Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science*; National Science Teachers Association: **2002**.
53. Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching*, **1992**, *29*, 331.
54. Han, Y. H.; Jeun, E. S.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2014**, *34*, 349.
55. Lederman, N. G. *Nature of science: Past, Present and Future.* In *Handbook of Research on Science Education*; Abell, S. K., Lederman, N. G. Eds.; **2007**.
56. Choi, J.; Seo, H.-A. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2012**, *32*, 879.
57. Woolnough, B. E. *Physics Education*, **2000**, *35*, 293.
58. Yoon, H. G.; Park, S. J. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, **2000**, *20*, 137.