

과학적 탐구 수행에서 초등교사가 겪은 어려움과 성장으로 탐색한 교사의 과학적 지식 향상 방안

이동승 · 박종석*

경북대학교 사범대학 화학교육과
(접수 2021. 9. 28; 게재확정 2021. 12. 2)

Improvement of Teachers' Scientific Knowledge researched by Difficulty and Development of teachers experienced in process of Conducting Scientific Inquiry

Dongseung Lee and Jongseok Park*

Department of Chemical Education at Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea.

*E-mail: parkbell@knu.ac.kr

(Received September 28, 2021; Accepted December 2, 2021)

요 약. 많은 초등교사들의 과학적 지식 부족은 과학 교수활동에서 여러 가지 문제점으로 나타난다. 따라서 초등교사의 과학적 지식 향상이 필요하지만 교사 양성 과정이나 재교육 과정에서 주로 수행되는 강의 기반 활동을 통해서도 초등교사의 과학적 지식 부족을 해결하는데 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 초등교사의 과학적 지식 향상을 위한 과학 교사교육 개선 방안을 탐색하고자 한다. 초등학교 과학과 교육과정 내 물질 영역에 대한 내용 지식을 향상시키기 위해 실험연구를 수행한 연구자 3명에 대해 심층면담을 실시했다. 면담결과를 토대로 3명의 연구자들이 실험연구 과정에서 수행한 과학적 실천에서 공통적으로 겪은 어려움과 성장한 부분을 분석했다. 심층면담에서 3명의 교사들은 자신이 특정 개념을 어떻게 이해하고 있는지, 무엇을 이해하지 못하고 있는지, 무엇을 더 공부해야 하는지를 파악하는데 어려움을 겪었다. 그리고 탐구 실천 계획을 수립하는 과정에서 명시적으로 배웠던 절차적 지식을 실제 맥락 속에서 어떻게 적용시켜야 하는지 모르는 상황도 겪었다. 또한 선언적으로 이해하고 있던 지식은 실제 현상에서 관찰되는 내용과 차이가 있어 어려움을 겪기도 했다. 하지만 교사들은 이러한 어려움 속에서 주제 분석, 탐구 계획, 탐구 수행, 결과 논의의 과정을 스스로 실천한 결과 내용 지식뿐만 아니라 의도하지 않았던 절차적 지식에 대한 이해까지 향상되었다고 진술했다. 또한 기존에 이해하고 있던 내용 지식을 통합적으로 이해하는 것도 도움이 되었다고 했다. 그리고 교사들은 과학 실천이 개별적으로 수행되기보다 주변 동료들과 공동체를 구성하여 논의하고 점검하는 기회를 가진다면 더 효과적인 학습이 될 수 있을 것이라는 제안을 했다. 이러한 점에 비추어 초등교사의 과학적 지식 향상을 위한 교사교육의 방향은 교사들이 학습 공동체 속에서 현상이 발생하는 맥락에 대해 직접 탐구하고 그 결과를 바탕으로 과학 개념을 이해하는 형태로 개선될 필요가 있다. 이는 교사의 실천과 이해를 통합시켜 과학 교수 활동 개선에도 기여할 것으로 판단된다.

주제어: 과학적 실천, 초등교사, 교사교육

ABSTRACT. Many elementary school teachers' lack of scientific knowledge reveal as several problems in teaching science. Thus, elementary school teachers need to improve their scientific knowledge, but there is the limit to improve the teachers' scientific knowledge through activities based on lecture that conducted in process of training and retraining them. Therefore, Improvement for training science teacher to improve scientific knowledge of elementary school teachers would be searched in this study. Depth interview was conducted toward three elementary school teachers, who had conducted action research, to improve content knowledge of material domain within teaching process and elementary school science. Based on result of the interview, difficulty and development that the three teachers were commonly experienced in process of conducting scientific inquiry in action research were analyzed. One of the difficulties of the inquiry were to figure out how the three teachers, who participated in the interview, understand specific concept, what they do not understand, and what they should study more to understand the concept. And there was a circumstance that the teachers did not know how to apply procedural knowledge, which learned explicitly in the process of setting plan for conducting research, into real context. Since there was difference between knowledge that they understand disjunctively and context that observed in real circumstance, they faced difficulty. However, the teachers conducted analysis of topic, planning research, conducting research, discussion of the result by themselves with those difficulties Thus, the teachers mentioned that not only content knowledge had been improved, but understanding of procedural knowledge, which is not intended to improve, had been also improved. Besides, they also mentioned that comprehensive understanding content knowledge, which they already understood, was also helpful. And the teachers suggest that if there were chance to discuss and examine the scientific practices by consisting of group with colleagues rather than

conducting it individually it would more efficient studying. Considering their suggestion, direction of training elementary school teachers for improving their scientific knowledge should be improved in a way to understand science concepts based on direct research about context that is generated in circumstance of studying group of the teachers. Consequently, it would contribute to improvement of teaching science by combining teachers' practice and understanding.

Key words: Scientific inquiry, Elementary school teacher, Teacher education

서 론

자연 현상에 대한 의문을 해결하기 위한 탐구는 학생들에게 과학 학습 상황뿐만 아니라, 일상생활에서도 가치 있고 의미 있는 학습이 되고 과학 하는 경험을 할 수 있도록 해준다. 탐구는 교육적 측면에서 학생들에게 연구가 어떻게 수행되는지 학습할 수 있는 경험을 제공하고,¹ 설득력 있는 의사소통 도구로서 과학 개념의 정확성을 학생들에게 이해시킬 수 있다는^{2,3} 점에서 과학 교육의 중요한 목표이자 기능이다. 이때, 과학자들이 탐구를 수행하는 목적이 자연 현상에 대해 새로운 지식이나 이론을 창조하는 것에 있다면 학교에서 수행하는 탐구의 목적은 과학자들에 의해 구축된 자연 현상에 관한 기존 지식을 이해하는 것에 있다. 여기에서 기존 지식을 이해한다는 것은 탐구를 통해 생성된 내용 지식뿐만 아니라 과학의 인식론적 차원에 대한 이해까지 포함한다.⁴ 따라서 이러한 탐구의 목적을 달성하기 위해서 교사는 탐구를 교육활동으로 적절하게 통합할 필요가 있다. 하지만 많은 초등 교사들은 내용 지식의 부족과 탐구 경험의 부족으로⁵ 인해 과학 탐구를 교육활동으로 통합하는 것에 많은 어려움을 겪고 있다.^{6,7}

과학적 지식은 과학적 소양의 한 요소로서 내용 지식(Content Knowledge), 절차적 지식(Procedural Knowledge), 인식론적 지식(Epistemic Knowledge)으로 본다.⁸ 이 세 가지 지식은 모두 학습자가 탐구를 실천하는 과정과 결과에 의해 생성되는 지식인 반면 학습자의 탐구 실천 속에서는 서로 통합되어 작용하는 특징을 가진다. 그러므로 초등 교사들의 내용 지식의 부족과 탐구 경험의 부족은 결과적으로 과학적 지식의 세 가지 요소에 대한 이해 부족으로 연결된다.

교육활동으로서의 과학 탐구의 경우 정교하고 복잡한 특성으로 인해 이를 지도하는 교사에게는 정확하고 체계적인 지식이 요구된다는 점⁹에서 교사의 과학적 지식 부족은 다양한 형태의 문제점을 드러낸다. 우선 교사가 특정한 주제에 관하여 지식이 없거나 충분하지 않은 경우에는 자신의 지식 테두리 안에서 탐구가 가능한 범위를 자의적으로 경계 짓는다.¹⁰ 또 다른 예로는 교사들의 탐구에 관한 핵심적인 개념에 대한 이해가 과학적 의미와 일치하지 않는 문제점을 보인다거나¹¹ 의문을 해결하기 위한 연구 활동인 ‘실험 활동’을 물건을 만들거나 개선하기 위한

‘공학 활동’과 정확하게 구분하지 못하는 경우 등이 있다.^{12,13} 심지어 일부 교사들은 탐구 활동에 대한 이해가 부족하다는 것을 인지하지 못하는¹⁴ 경우도 있다. 뿐만 아니라 부족한 과학적 지식으로 인해 탐구에 대한 잘못된 인식을 갖게 될 경우¹⁵ 탐구 수행 과정에서 탐구 기능 획득이나 탐구 절차 이해를 과도하게 강조하는 결과를 보였다.^{4,16} 이러한 문제점들은 결국 교사들이 탐구를 교육활동으로 통합하는데 장애물로 작용한다.

교사의 과학적 지식이 부족하게 된 원인은 다양하게 있을 수 있는데, 그 중 교사 양성 과정이나 재교육 과정에서도 찾을 수 있다. 대부분의 초등 교사 양성 과정이나 재교육 과정에서 교사들은 과학자와 같은 실제적인 과학 탐구를 경험하지 못하고 있다.¹⁷ 물론 과학 탐구를 경험하지 않더라도 강의의 기반으로 한 활동을 통해서 과학 탐구의 종류와 방법 또는 내용 지식에 관하여 명시적으로 배울 수 있다. 하지만 과학 탐구의 방법을 통한 문제 해결 능력, 비판적 사고, 증거기반 의사소통 등의 인식론적 지식은 실천을 통해 암묵적으로 전달되기 때문에¹⁸ 강의 기반의 활동을 통해 향상시킬 수 있는 교사의 과학적 지식은 한계가 있다.

특히, 최근 NGSS(2013)¹⁹와 KSES(2019)²⁰에서 제시한 과학 교수 활동의 목표는 학생들이 알고 이해해야 하는 개념들을 제시한 것이 아니라 기대하는 행동으로 진술하고 있다. 이러한 변화 속에서 교사에게 기대하는 전문성은 내용 지식에 대한 이해와 더불어 탐구를 수행할 수 있는 능력까지 포함되는 것으로 해석할 수 있다. 더 나아가 이와 같은 교사의 전문성을 바탕으로 교실에서 교사의 교수 활동은 특정 단어나 개념을 암기하게 하는 전통적인 방식이 아니라 학생들에게 과학 실천의 기회를 제공하는 방향으로 변화되어야 함을 나타내고 있다.²¹ 이러한 상황에서 교사의 과학적 지식에 대한 통합적인 이해 부족은 교수 활동의 문제나 어려움으로도 이어질 가능성이 크다.

교실에서 학생들에게 과학 실천의 기회를 제공하기 위해서는 교사의 과학 실천 경험이 우선되어야 하고 그 폭이 넓을 때 학생에게 적절하고 다양한 기회를 제공할 수 있다.²¹ 따라서 교사 교육의 방향은 교사가 실천을 통해 과학을 학습할 수 있도록 구성되어야 한다. 이러한 점에서 기존의 교사 교육 활동에 대한 개선 방안을 논의할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 과학적 지식 향상 방안으로

써 과학적 실천의 효과를 확인하기 위해 초등학교 과학과 교육과정 내 물질 영역에 대한 내용 지식 향상을 목적으로 과학적 탐구를 실천한 연구자 3명에 대해 심층면담을 실시했다. 심층면담을 통해 3명의 면담 대상자들이 과학적 실천을 통해 내용 지식을 향상시키는 과정에서 공통적으로 겪은 어려움과 성장한 부분을 드러내고 이를 바탕으로 초등교사들을 대상으로 하는 과학 교과 교사교육에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

연구 방법

연구 대상

탐구 기반 교육을 통해 교사의 과학의 본성, 과학적 절차, 과학에 대한 이해, 과학 개념의 이해를 얻을 수 있다는²² 선행연구의 결과를 고려하여 실험연구 과정에서 탐구의 전 과정을 계획하고 실천한 경험이 있는 3명의 초등교사를 심층면담 대상으로 선정했다(Table 1).

심층면담 대상자 3명 모두 일반계 고등학교에서 자연계열 과목을 이수했고 교육대학교 진학 후 전공으로 과학 심화과정을 선택했다. 이후 교육대학교 대학원에 진학했고 석사학위 취득을 위해 실험연구를 수행했다. 연구의 목적은 교육과정 기반의 탐구 활동을 지도하기 위해 교사가 알아야 할 내용 지식을 제안하고 동시에 심층면담 대상자들 스스로의 과학지식을 향상시키는 것이었다. 이를 위해 심층면담 대상자들은 초등학교 과학 교육과정의 물질 영역에서 다루는 현상 중 자신이 지도하고 있는 학년에 해당하는 현상(단원)을 연구했다. 심층면담 대상자들은 학생들이 현상을 학습하여 성취기준에 도달하는데 필요한 학습 활동들을 제시하고 각 학습 활동에서 사용되는 다양한 물질과 도구, 실험 방법 등을 변인으로 직접 탐구를 수행했다.

탐구 수행은 탐구과제 선정, 탐구 계획 수립, 예비탐구 수행, 본 탐구 수행, 탐구 타당성 검증 단계로 이루어졌으며 전체 과정은 과학교육전문가와 협의체를 구성하여 진행했다. 심층면담 대상자들은 협의체 내에서 탐구 과정과 결과에 대해 공유하고 검토-수정-재실험 단계를 거치면서 자신의 탐구수행 적절성에 대해 점검했다. 이 과정에서 심층면담 대상자들이 작성한 자료 조사 일지, 실험계획 및 보고서, 협의 일지, 성찰 일지를 수집하고 분석해 교사가 탐구로 해당 현상을 지도하고자 할 때 이해하고 있어야

할 최소한의 내용지식을 제안하고 동시에 심층면담 대상자들의 과학지식 변화를 드러냈다.

심층면담 대상자 3명이 고등학교와 대학교를 거치면서 수행한 탐구는 대부분 강의를 기반으로 하거나 주어진 절차대로 수행하는 방식이었다. 따라서 이들이 실험연구 과정에서 탐구 절차의 대부분을 직접 결정하고 판단한 경험이나 탐구 결과로 얻어진 데이터의 정밀도와 정확도를 따지는 경험은 처음 겪는 것이었다. 그리고 이들이 탐구 과정에서 경험한 시행착오에서 개선점이나 수정해야 할 것들을 도출하고 다시 보완하여 재실험하는 과정 또한 익숙하지 않은 것이었다. 이러한 과정에서 심층면담 대상자 3명은 자신이 학습해왔던 방식과 다른 방식으로 학습하는 과정에서 어려움을 겪기도 했고 이전과 다른 경험으로 인해 성장하기도 했다.

An□□: 이론으로 배운 내용을 실제 실험 활동으로 확인한 경험이 없다보니 (전체 과정에서) 어려움이 있었고 ... (중략)

Kim○○: 처음(연구 초기)에 계획을 구체적으로 작성하지 못해서 시행착오를 많이 겪었다.

Kim△△: 실험 방법을 설계하고 그것을 수행하는 것에 익숙하지 않은 상황에서 내가 알맞은 방법으로 실험을 수행하고 있는 것인지 확인해 볼 수 없다는 점에서 어려움을 겪었다. 그리고 예상대로 실험결과가 나오지 않을 때 그 다음 단계를 진행하는데 어려움이 있었다.

자료 수집 및 분석

심층면담 대상자들이 탐구를 계획하고 수행하는 과정에서 겪은 어려움과 탐구를 실천하는 과정을 통해 성장한 점을 파악하고자 질문지를 구성했고 면담의 질문 영역은 크게 ‘겪은 어려움’, ‘나의 성장’, ‘제안’의 세 가지로 구성했다. ‘겪은 어려움’의 경우 탐구 수행 과정에 따른 어려움을 구체적으로 드러내고자 주제 분석 과정, 탐구 계획 수립 과정, 탐구 수행 과정, 논의 과정에서 겪은 어려움을 진술하도록 질문을 구성했다. ‘나의 성장’의 경우 심층면담 대상자들이 연구를 수행한 이후 개선된 자신의 역량과 달라진 점들에 대해 진술하도록 질문을 구성했다. ‘나의 성장’은 교사들이 연구 과정에서 작성한 연구일지와 반성일지에서도 구체적으로 드러난다는 점에서 질문 응답에

Table 1. Candidates of depth interview

Name	Gender	Teaching career	Major in highschool	Major in University	Research Topic
Kim ○○	Male	6years	Natural science	Elementary Science Education	dissolution and solution
Kim △△	Female	8years	Natural science	Elementary Science Education	Various Gases
An □□	Female	6years	Natural science	Elementary Science Education	Combustion and Extinguishment

Table 2. Composition of questionnaire for depth interview

Category	Contents of Questions
Difficulty	- What kind of difficulties did you experience in the process of analyzing research topic (Natural circumstance that included in chapter)? - What kind of difficulties did you experience in the process of planning research to conduct research? - What kind of difficulties did you experience in the process of conducting research plan? - What kind of difficulties did you experience in the process of discussing result of conducting research?
Improvement	- Which part did you experience improvement in the process of planning, conducting, looking back and discussing research?
Suggestion	- What would suggest if you apply action research into program for improving teachers' expertise?

활용해 줄 것을 요구했다. 그리고 마지막으로 이러한 실험연구 방식을 과학 교사 전문성 향상 프로그램으로 적용한다면 제안하고 싶은 부분에 대해 진술하도록 구성했다 (Table 2). 그리고 심층면담 대상자들의 탐구 수행 당시의 맥락 정보를 파악하고자 교직 경력, 학교 급별 학업 과정, 진학 과정 등에 대한 질문을 추가로 제시했다.

심층면담은 반구조화된 형태로 30~50분 정도에 걸쳐서 실시되었고 면담 내용은 녹취·전사한 후 분석했다. 자료 분석은 과학교육전문가 1인과 박사과정 대학원생 2인으로 구성된 전문가 세미나를 바탕으로 진행했다. 연구자와 대학원생 2인은 각자 전사한 내용을 분석하여 개념 코딩 작업을 실시하였고 논의를 통해 각 범주별로 공통적으로 나타나는 내용들의 코드를 추출했다. 이후 범주별로 추출한 코드를 분석틀로 구성하였고 연구자와 대학원생 2인은 각각 분석틀을 이용해 겪은 어려움, 나의 성장, 제안에 대한 내용을 분류하고 비교하는 과정을 반복해서 분석의 일관성을 높였다. 그리고 분석한 내용을 전문가 세미나에 참여한 모든 인원들과 함께 기존 선행 연구 결과와 비교, 분석하는 과정을 통해 연구 결과의 의미를 논의했다.

연구 결과 및 논의

겪은 어려움

교사들은 주제를 분석하고 탐구를 계획하는 과정에서 내용 지식의 부족으로 인한 어려움을 나타냈다. 주제 분석 과정에서 주제와 관련된 이론이나 개념들의 관계에 대해 정확하게 파악해야 학생들이 경험해야 할 현상의 수준이나 내용을 제안할 수 있다. 하지만 내용 지식의 부족으로 인해 추가적인 정보 수집이 필요한 경우가 있었고(An□□) 현재 자신의 수준을 파악하지 못하는 메타인지적인 문제도 드러났다(Kim○○). 그리고 Kim△△ 교사의 경우 고등학교에서 물질의 농도에 대한 이론을 학습했지만 대학에서 활용한 시간이 충분하지 않아 이론이나 공식을 숙지하고 있지 못해 실험 계획 수립에 어려움을 겪었다. 이렇게 3명의 교사가 겪은 문제는 초등예비교사들이 자유탐구 활동을 수행하는 과정에서 배경지식의 부족으로 인해 겪

은 문제로 보고된 내용²³과 같았다. 이렇게 교사의 내용 지식이 부족하게 된 배경이 여러 가지가 있을 수 있다는 점에서 교사의 전문성 향상을 목적으로 교사 교육을 수행하고자 할 때 가장 먼저 교사의 현재 상황에 대한 판단이나 진단이 필요함을 알 수 있다.

An□□: (주제 분석, 탐구 계획 수립 과정에서) 개념 및 현상에 대한 얕은 지식으로 인해 자료 검색을 통해 정보를 수집하더라도 거기에 나와 있는 또 다른 개념에 대해 공부해야 했다.

Kim○○: (주제를 분석하는 과정에서) 무엇을 더 알아야 하는지, 무엇을 조사해서 찾아봐야 하는지도 모르는 상황이 있었다.

Kim△△: (탐구 계획을 수립하는 과정에서) 적절한 자료의 양을 알아보기 위해서는 물농도를 이용해서 필요한 과산화수소의 양을 구해야 했다. 이전에 실험을 하기 위해 필요한 물질의 양을 구해본 적이 없었고 관련 내용을 학습한 적이 없었기 때문에 몰수, 물농도를 구하는 과정을 이해하는데 어려움이 있었다.

교사들은 양성과정과 재교육 과정에서 탐구를 설계하고 실제로 수행한 경험이 부족하여 어려움을 겪는 경우가 있었다. 탐구를 계획하는 과정에서는 실험 활동에서 가장 중요한 부분이라고 할 수 있는 변인을 다루는 부분에 대해 정확하게 파악하지 못하는 경우가 있었다(An□□). 실험 수행 과정에서는 기본적으로 사용되는 실험 도구를 다루어본 경험이 부족하여 도구를 선정하는 것도 어려워했다(Kim△△). 실험 활동 후에는 수집된 데이터를 어떻게 처리해야 하는지 모르는 경우가 있었다(Kim○○). 즉, 교사들은 설명이나 전달을 통해 절차적 지식에 관한 용어는 이해하고 있었지만 실제 맥락 속에서 어떻게 적용되고 사용되는지 이해하지 못해 어려움을 겪었다.

An□□: 내가 고려해야 하는 변인들은 무엇이 있는지 알지 못해서(계획 수립에 어려움을 겪었다).

Kim△△: (탐구 계획 수립과 수행 과정에서) 내가 이 활동을

위해 사용할 수 있는 도구의 종류는 어떠한 것이 있는지, 적절한 용량, 사용법은 어떠한지 이해가 부족해서 이러한 점들을 종합적으로 고려하여 사용할 도구를 선정하는 것이 어려웠다.

Kim○○: 탐구 결과를 정리(분석 및 처리)하는 방법을 잘 몰라서 어려움을 겪었다. 실험을 한다고 했는데, 시간만 사용했을 뿐, 아무 것도 남는 게 없는 경우가 많았다.

그리고 교사들은 개념에 대한 통합적인 이해가 부족하여 관찰한 사실과 이론을 연결시키는데 어려움을 겪는 경우가 있었다(An□□, Kim○○). 이런 어려움의 원인으로 교사들은 현상이 일어나는 맥락 속에서 과학 개념을 학습하고 이해하는 경험을 하지 못하고 선언적 지식으로만 개념을 이해하고 있었다는 점을 지적했다. 이는 학습자들은 실제 탐구 활동에서 현상에 대한 설명을 개발하고 사용하고 의사소통에 참여할 때 활동과 이해를 통합할 수 있다는 연구 결과²⁴와 같이 교사들의 과학 학습도 실제 탐구 경험을 바탕으로 개념을 정립하는 과정이 필요함을 알 수 있다.

An□□: 책으로만 과학을 배웠기 때문에 연소와 소화의 정의에 대해 설명할 수 있고 문제는 풀 수 있었지만(탐구 계획 수립 과정에서 사용하고자 하는 자료에 대한 논의를 하던 중) 촛불과 전등불의 차이에 대한 질문에는 정확한 답을 하기 힘들었다.

Kim○○: 용해 현상을 '서로 다른 물질이 골고루 섞이는 현상'으로 생각했다. 이는 초등학교 과학 지도서에 나온 정의였다. 중등학교 참고서에도 비슷하게 언급되어 있었다. 설탕을 물에 녹여보니 설탕이 골고루 섞이는 현상을 관찰했다고 할 수가 없었다.

나의 성장

앞서 연구대상에서 교사들의 배경에 대해 언급한 바와 같이 교사들은 고등학교에서 과학 학습방법은 주로 이론 중심의 강의 기반 수업을 경험했다. 그리고 대학에서는 강의뿐만 아니라 여러 가지 실험활동도 경험했지만 실험의 방식은 주로 정해진 절차를 수행하는 것이었다. 이는 선행 연구에서도 대부분의 초등 교사 양성 과정이나 재교육 과정에서 교사들은 과학자와 같은 실제적인 과학 탐구를 경험하지 못하고 있다¹⁷고 지적한 바 있다. 이러한 점에서 교사들은 스스로 탐구를 계획하여 수행한 경험 자체를 성장한 점이라고 밝혔다(Kim△△, Kim○○, An□□).

Kim△△: 실험 계획부터 마무리까지 전체 과정을 경험해 보았다는 점(이 성장한 부분이다).

Kim○○: 처음으로 교육과정을 분석하고, 스스로 탐구를 계

획부터 수행까지 해볼 수 있는 (성장할 수 있는) 좋은 경험이었습니다. 학생들에게 알맞은 활동이 무엇인지 생각해볼 수 있는 정말 좋은 기회였다.

An□□: 탐구를 직접 수행해봄으로써 학생들이 탐구를 경험할 때 발생하는 변수나 어려운 점 등을 파악할 수 있었습니다.

교사들의 탐구 경험은 교사들의 내용 지식 향상에 영향을 미쳤는데 이는 연구 과정에서 작성한 연구일지와 반성일지에서 확인할 수 있었다. 먼저 교사들은 학생의 학습활동으로 가능한 탐구 활동들을 실제로 탐구하는 과정에서 사용되는 실험 도구와 사용되는 물질에 대한 이해가 향상되었다고 밝혔다. 교사들은 탐구 과정에서 교과서나 교사용 지도서에 제시된 실험기구나 물질을 그대로 사용하지 않고 실험의 목적과 방법에 따라 사용할 실험기구와 물질을 달리했다. 이 과정에서 조사 활동을 통해 교과서에 제시되지 않은 실험기구의 종류와 사용법 등을 확인했고 물질의 특성, 안전성 등에 대해 이해하게 되었다(Kim△△). 그리고 실험기구들을 설치하고 활용하는 과정에서 발생할 수 있는 오류나 오차로 인한 문제들을 경험하면서 실험기구 조작 능력도 향상되었다. 또한 실험에 사용되는 물질들의 농도와 양에 따라 물질 간 반응의 정도와 속도 차이를 경험하면서 학생들의 학습 활동 과정에 사용할 물질의 종류, 농도, 양 등을 파악할 수 있었다(Kim○○, An□□).

Kim△△: 연구자는 교과서나 지도서에 제시된 준비물에 따라 실험기구를 준비하거나 과학준비실에 구비되어 있는 실험기구를 학습활동에 사용하였다. 그러나 도구에 관한 탐구활동을 수행하는 과정에서 사용할 수 있는 다양한 실험기구를 알게 되었으며 실험기구의 용량 선정 시 고려해야 할 사항을 알게 되었다(연구일지).

Kim○○: 시트르산과 염화암모늄은 물과 만나면, 용액의 온도가 급격하게 낮아진다. 용액의 온도는 용해도에 영향을 미치기 때문에 용해열이 큰 물질은 사용하지 않는 것이 좋다. 설탕을 사용하여 용해도를 직관적으로 확인하기 위해서는 설탕의 높은 용해도로 인해 일정 용매에 설탕을 녹지 않을 때까지 녹여 그 양을 구하는 것보다 일정 용질에 단위 부피의 물을 넣어 필요한 물의 양을 구하는 것이 더 효과적이다(연구일지).

An□□: 물질의 종류뿐만 아니라 물질의 상태에 따라 발화점은 달라질 수 있다. 같은 나무라도 동일한 온도에서 발화 되는 것이 아니다. 나무의 크기, (머금은)습기

정도 등 (나무의)상태에 따라 발화점은 달라질 수 있다(연구일지).

교사들은 주제를 분석하는 과정에서부터 탐구 결과에 대해 논의하는 과정까지 전 과정을 경험하면서 내용 지식과 더불어 절차적 지식, 메타인지적인 부분까지 향상되었다고 했다(Kim△△, Kim○○, An□□). 교사들이 수행한 연구의 목적 자체가 내용 지식을 향상시키기 위한 것이었다는 점에서 내용 지식의 향상은 당연한 것으로 보인다. 하지만 특징적인 것은 실제 탐구의 실천이 교사들이 가지고 있던 탈맥락화된 내용 지식을 서로 연결시켜 통합적으로 이해할 수 있도록 했다는 점이다. 뿐만 아니라 의도하지 않았던 절차적 지식의 향상에도 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있다. 이는 탐구 실천 과정에서 탐구 계획을 수립하고 실천한 경험과 함께 협의체와의 논의 과정을 통해 탐구 계획의 수정과 재실행을 반복하는 것을 바탕으로 절차적 지식이 암묵적으로 전달되고 향상되었을 가능성이 높다. 이는 실험 활동에서 문자화 된 설명으로 전달되지 않더라도 반복적 경험을 통해 과학지식을 습득할 수 있다는¹⁸ 연구 결과와 맥락을 같이 한다.

Kim△△: 다양한 측면의 내용지식을 이해할 수 있었다. 그리고 교실에서 실험을 준비할 경우 고려해야 할 사항에 대해 이해할 수 있었다.

Kim○○: 개념의 사전적 정의만 아는 상태, 개념들을 분절적으로 이해하는 상태에서 지식 간의 관계에 대해 이해할 수 있었다. 실험의 과정을 구성할 수 있는 절차적 지식에 대해 이해하게 되었다.

An□□: (교육과정을 운영할 때)내용지식 측면에서 교사(자신)가 현재 알고 있는 것, 알아야 하는 것, 모르는 것에 대해 알 수 있었다.

이어서 교사들은 데이터 수집에 대한 이해가 향상되었다고 밝혔다. 교사들은 탐구 과정에서 탐구 문제를 해결하기 위한 데이터를 수집하는데 어떤 방법과 도구를 사용할 것인지 직접 판단하는 경험을 했다. 이 과정에서 탐구 목적과 방법에 맞는 도구가 사용되어야 함을 이해했고 도구의 종류, 도구의 측정 범위도 고려해야 할 요소라는 것을 이해할 수 있었다(An□□). 더불어 협의체 논의 과정에서 수행한 실험 절차와 방법을 바탕으로 수집된 데이터의 정확도와 정밀도를 분석하여 고려하지 못한 변인들이나 오차가 생기게 된 원인들을 파악했다. 이를 다시 실험계획에 반영하여 재실험을 하면서 재현성을 가지는 데이터를 얻기 위한 방법을 이해하게 되었다(Kim△△, Kim○○). 특히 Kim○○교사의 경우 데이터 수집 방법으로써 관찰

과 측정에 대한 인식의 변화도 언급했다. 이러한 교사들의 변화는 의미 있는 탐구 활동의 맥락 속에서 탐구를 직접 경험하는 것이 탐구에 관한 이해를 발전시킨다는²⁵ 연구 결과와 맥락을 같이 한다.

Kim△△: 압력에 따른 기체의 부피 변화에 관한 탐구활동을 수행하던 중 공기가 담긴 피스톤에 압력을 가했지만 예상한 만큼의 부피변화가 나타나지 않는 문제점이 발생하였다. 문제의 원인으로 측정 도구로 사용한 플라스틱 주사기의 피스톤 끝 고무와 주사기 벽면의 마찰이 부피 변화에 영향을 준다는 것을 알게 되었다. 이후 실험에서 측정 도구를 유리주사기로 대체하였다(연구일지).

Kim○○: 용해 전후 무게를 비교할 때 용질을 담은 용기로서 약포지를 사용했으나 용해 전 무게를 측정하는 동안 작은 바람에 의해 용질이 손실되는 상황이 있었다. (중략) 논의를 바탕으로 용질은 용액을 만들 용기에 담아두고 물을 옮겨 담은 방법으로 오차를 해결하는 것이 바람직하다는 결론을 내리게 되었다(연구일지). 탐구 실천 이전에는 관찰과 측정을 기초 탐구 기능 중 한 가지로 인식하면서 실제 탐구가 이루어지는 맥락과 무관하게 교과서나 교사용 지도서에 제시된 설명으로만 이해하고 있었다. 하지만 실제 탐구를 실천하는 과정에서 사용되는 관찰과 측정은 데이터 수집방법으로 탐구 목적에 부합해야 하고 정확도와 정밀도를 갖추어야 수집되는 데이터가 의미를 가지게 된다는 것을 알 수 있었다(반성일지).

An□□: (중략) 온도를 측정하는 활동이 추가되면서 온도계의 종류, 측정 범위, 측정 방법 등 다양한 지식이 확장된다(연구일지).

마지막으로 일부 교사들의 경우 탐구수업에 대한 인식의 변화도 나타냈다. 실제 탐구를 실천하면서 얻은 여러 가지 경험이 교과서와 교사용 지도서에 제시된 탐구활동 이외에 학교 환경과 학급 학생들에게 의미 있는 활동들을 제공해 줄 수 있는 기반이 되었다고 밝혔다(Kim○○, An□□).

Kim○○: 교과서의 내용을 전달하되 잘 이해할 수 있도록 도와주는 사람으로 인식하고 있었다. 교과서에서 사용하는 (활동)방법이 어떤 현상을 보여주기 위한 것인지, 어떤 목적과 의미를 가지는 모형인지에 대해 전혀 생각하지 못했다. 하지만 교육과정에 제시된 현상들을 실제 탐구한 경험은 학생들이 교실에서 학습활동으로 수행하는 탐구 활동에 따라 어떤

현상을 경험하게 되는지, 그 경험을 통해 학생들이 구성할 수 있는 의미는 어떤 것일지에 대해 생각해 볼 수 있었다(반성일지).

An□□: 교과서에 제시된 실험 방법과 도구, 자료의 적절성을 판단하지 않고 언제나 진리인 듯 그대로 받아들여 왔다. 상황과 맥락이 고려되지 않은 채 교과서에 의존하여 수업은 진행된다. 적절성에 대한 판단의 고민이 없었던 것은 판단 능력의 부재일지도 모르겠다(반성일지).

제안

교사들이 교육대학교 재학 과정이나 교사 재교육 과정에서 경험했던 탐구들은 대부분 동료교사로만 집단을 이루어 수행한 것이 대부분이었다. 반면 교사들이 수행한 탐구는 지도교수와 협의하면서 개별로 진행되었다는 점에서 교사들은 본인들이 수행한 실험연구 방식을 과학 교사 전문성 향상 프로그램으로 적용한다면 동료 교사, 과학 전문가 등으로 구성된 학습공동체를 조직하여 운영할 필요가 있다고 이야기했다(Kim△△, Kim○○, An□□). 면담 대상자들이 수행한 실험연구의 경우 하나의 주제를 한 명이 연구해 나가는 방식으로 진행하면서 교사들은 탐구 내용 및 결과에 대한 점검 기회가 부족했다고 지적하고 있다. 따라서 주변 동료 및 전문가와 공동체를 구성하여 논의하고 점검하는 기회를 가지는 것이 학습에 더 효과적일 것이라고 이야기했다. 학습은 개인의 머릿속이 아니라 특정 맥락 속에서 공동체와의 상호작용에 의해 일어나는 과정이라는 관점에서²⁶ 주변 동료들과 논의하고 점검하는 활동은 자연스러운 학습을 유도하게 된다.

Kim△△: 실험에 대한 경험이 없는 상태에서 실험을 하다 보니 내가 한 실험의 결과가 맞는 결과인지, 실험과정에서 오류가 없었는지 확인할 수가 없다는 점이 실험 수행에 있어 어려웠다.

An□□: (같은 주제에 대해) 주변 동료들과 논의하는 과정이 있으면 그 선생님들로부터 배우는 것도 있었을 것 같다. 교수님과 만나서 논의하는 과정은 자꾸 부족한 부분에 대한 지적으로 이어져 자주 가기가 꺼려졌다.

Kim○○: 논의과정 없이 진행되니까 진행 방향을 모르는 경우가 있었다.

결론 및 제언

교사들은 여전히 교사 양성 과정이나 재교육 과정에서 교사의 전문성 향상을 위해 주로 강의를 기반으로 한 활

동들을 경험하고 있다. 하지만 이러한 방식의 학습은 교사의 과학적 지식 향상에 제한적이라는 측면에서 학생들에게 과학 실천의 기회를 제공해 줄 수 있는 역량을 키우기 힘들게 된다. 이는 결과적으로 과학 교수 활동의 어려움으로 이어진다는 점에서 이 연구에서는 초등교사들을 대상으로 하는 기존의 과학 교과 교사교육 개선 방안에 대해 탐색했다. 이에 기존의 방식과 다른 방식으로 초등학교 과학 교과 내 물질 영역에 대한 내용 지식을 향상시키고자 실험연구를 수행한 초등교사 3명을 대상으로 심층면담을 실시했다. 이들은 실제로 과학 탐구의 절차와 과정을 직접 계획하고 실행하는 경험을 했고 과학교육 전문가와의 면담을 토대로 수정, 재실행의 과정을 반복했다. 이 과정에서 교사들이 겪은 어려움과 이 과정을 수행한 후 성장한 점은 기존의 교사 양성 방식이나 재교육 방식에 시사점을 제공한다는 점에서 의의가 있다.

우선 강의를 기반으로 한 교사 교육의 경우 교사의 선개념에 대한 이해를 고려하지 않고 일방적인 전달이나 안내의 방식으로 진행된다. 이러한 방식으로 인해 교사들은 자신의 선개념과 새로운 개념을 비교하면서 학습하기보다 전달되거나 안내받은 내용을 숙지하는 방식으로 학습해왔다. 하지만 교사 자신이 이해하고 있는 선개념을 적용해서 실천 계획을 수립하고 수행해 나가는 과정에서 선개념의 체계성이나 정확성에 따라 출발점이 달라진다. 이 과정에서 교사들은 자신이 특정 개념을 어떻게 이해하고 있는지, 무엇을 이해하지 못하고 있는지, 무엇을 더 공부해야 하는지를 파악하는데 어려움을 겪었다. 그리고 탐구 실천 계획을 수립하는 과정에서 명시적으로 배웠던 절차적 지식을 실제 맥락 속에서 어떻게 적용시켜야 하는지 모르는 상황도 겪었다. 또한 선언적으로 이해하고 있던 지식은 실제 현상에서 관찰되는 내용과 차이가 있어 어려움을 겪기도 했다. 이러한 어려움의 근본적인 원인은 현상이 일어나는 맥락 속에서 과학 개념을 학습하고 이해하는 경험을 하지 못하고 선언적 지식으로만 개념을 이해해 온 것을 지적할 수 있다.

하지만 교사들은 이러한 어려움 속에서 주제 분석, 탐구 계획, 탐구 수행, 결과 논의의 과정을 스스로 실천한 결과 내용 지식뿐만 아니라 탐구 능력, 의도하지 않았던 절차적 지식에 대한 이해도 향상되었다고 진술했다. 또한 기존에 이해하고 있던 내용 지식을 통합적으로 이해하는데 도움이 되었다고 했다. 결과적으로 교사의 이러한 성장은 학습자가 특정 영역이나 맥락 속에서 자연 현상에 대한 설명을 개발하고 사용하며 이를 바탕으로 의사소통 활동에 직접 참여할 때 실천과 이해를 통합할 수 있다는^{27,28} 기존의 연구 결과와 맥락을 같이한다. 하지만 교사들은 의사소통의 대상이 지도교수로 한정적이었다는 점에서

학습 공동체 구성을 통한 학습이 필요함을 제안했다.

기존 연구 결과에 따르면 교사들을 학습 공동체 속에서 자신의 탐구 실천에 대한 역할을 수행하는데^{29,30} 있어서 각 활동이 과제로써 수행되거나 누군가의 지시에 의해 수행되는 것이 아니라 각자에게 의미 있고 목적을 제시할 수 있는 활동을 통해 경험해야 함을^{31,32,33} 강조하고 있다. 따라서 과학적 지식에 대한 통합적 이해를 위한 교사 교육의 방식은 학습자인 교사가 학습 공동체 속에서 강한 동기가 있거나 학습의 필요성을 인지하고 있는 현상들에 대해 직접 탐구해나가는 형태로 개선되어야 한다. 이 과정에서 교사는 과학적 지식의 통합적인 성장을 보이게 되고 이는 결과적으로 교실에서 탐구를 교육활동으로 통합하고 성공적인 학습으로 나아가도록 하는데 도움이 될 것이다.

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

REFERENCES

- Hanauer, D. I.; Hatfull, G. F.; Jacobs-Sera, D. In *Active Assessment: Assessing Scientific Inquiry*; New York, NY, Springer 2009, pp. 1-9.
- Nott, M.; Smith, R. *International Journal of Science Education* **1995**, *17*, 399.
- Hanauer, D. *Scientific Discourse: Multiliteracy in the Classroom*; Continuum: London, 2006.
- Alexandre, J.; Beatriz, C. *Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education*; Science education, Brill Sense: 2017.
- Tosun, T. *School Science and Mathematics* **2000**, *100*, 374.
- Crawford, B. A. *Journal of Research in Science Teaching* **2000**, *37*, 916.
- Trygstad, P. J. et al. *Horizon Research Inc* 2013.
- OECD., *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*; OECD Publishing, Paris: 2016.
- Capps, D. K.; Crawford, B. A.; Constat, M. A. *Journal of Science Teacher Education* **2012**, *23*, 291.
- National Research Council, *National Science Education Standards*; National Academy Press: Washington, D. C., 1996.
- Gunckel, K. L. *Journal of Science Teacher Education* **2011**, *22*, 79.
- Gyllenpalm, J.; Wickman, P. O. *Science Education* **2011**, *95*, 908.
- Wallace, C. S.; Kang, N. H. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, *41*, 936.
- Abrahams, I.; Reiss, M. J. *Journal of Research in Science Teaching* **2012**, *49*, 1035.
- Anderson, R. D. *Journal of Science Teacher Education* **2002**, *13*, 1.
- Driver, R.; Newton, P.; Osborne, J. *Science Education* **2000**, *84*, 287.
- Jin, S. H.; Jang, S. H. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2007**, *26*, 181.
- Park, H. J. *Discourse* **2010**, *13*, 65.
- Next Generation Science Standards. *The next generation science standards*. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>, 2013.
- Ministry of Education, Korea. *Korean Science Education Standards for the Next Generation*; Ministry of Education: Seoul, Korea, 2019.
- Osborne, J. F. et al. *American Educational Research Journal* **2019**, *56*, 1067.
- Avery, L. M.; Meyer, D. Z. *School Science and Mathematics* **2012**, *112*, 395.
- Lim, S. M. et al. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2010**, *30*, 291.
- Duschl, R. *Review of Research in Education* **2008**, *32*, 268.
- Manz, E. *Review of Educational Research* **2015**, *85*, 553.
- Lave, J.; Wenger, E. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*; Harvard University Press: Cambridge, MA, 1991.
- Duschl, R. A. *Review of Research in Education* **2008**, *32*, 268.
- National Research Council, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*; National Academy Press: Washington, DC, 2012.
- Nersessian, N. J. *Mind, Culture, and Activity* **2012**, *19*, 222.
- Rouse, J. *Articulating the World: Conceptual Understanding and the Scientific Image*; University of Chicago Press: Chicago, IL, 2015.
- Berland, L. K.; Hammer, D. *Journal of Research in Science Teaching* **2012**, *49*, 68.
- Jimenez-Alexandre, M. P.; Rodriguez, A. B.; Duschl, R. A. *Science Education* **2000**, *84*, 757.
- Schwarz, C.; Passmore, C.; Reiser, B. *Helping Students Make Sense of the World Using Next Generation Science and Engineering Practices*; National Science Teachers' Association Press: Arlington, VA, 2017.