

ORIGINAL ARTICLE

초등 예비교사의 과학 일기에 나타난 과학의 본성에 대한 인식 변화 유형 분석

임성만¹ · 신정윤^{2*}

(¹한국교원대학교 조교수, ²대전배울초등학교 교사)

Analysis of Changes in the Views on Nature of Science (NOS) Appeared in Pre-Service Elementary School Teachers' Science Journals

Sungman Lim¹ · Jung-Yun Shin^{2*}

(¹Korea National University of Education, ²Daejeon Baeul Elementary School)

ABSTRACT

The purpose of this study is to quantitatively and qualitatively analyze the science journals written by pre-service elementary school teachers, and to categorize the view on the nature of science and the process of their change. For this purpose, 112 science journals written by 13 pre-service elementary school teachers were analyzed. The frequency of each area was analyzed using the research framework of the four areas of the nature of science, and the pattern of change in perspective on the nature of science was inductively derived and classified using the VNOS-C test analysis framework. As a result, The nature of scientific thinking, nature of scientific knowledge, nature of STS, and nature of scientific inquiry were described in relatively similar proportions, but among them, The nature of scientific thinking appeared in the largest percentage, and the nature of scientific inquiry was described in the smallest percentage. The variability of scientific knowledge, the importance of empirical evidence, and the positive and negative effects of science were especially intensively addressed. In addition, the changing aspects of pre-service elementary school teachers' perspectives on the nature of science could be categorized into 'naive view maintenance type', 'informed view maintenance type', 'regression type', 'development type', and 'mixed type'. The element of 'the empirical nature of scientific knowledge' showed various patterns of change depending on the students, and most of the students maintained a informed view on the tentativeness of scientific knowledge for several sessions.

Key words : nature of science, weather-forecaster, semi-structured interview

I. 서론

과학과 기술에 의해 형성된 사회에서 과학적 소양을

가진 시민의 양성은 과학교육의 중요한 목표이며(NRC, 1996), 학생들은 생활 속에서 겪게 될 다양한 문제들에 대해 합리적 의사 결정을 내리는 데 필요한 지식, 기술,

Received 26 January, 2023; Revised 15 April, 2023; Accepted 18 April, 2023

*Corresponding author: Jung-Yun Shin, DaejeonBaeul Elementary School, 8, Baeul 2-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

E-mail : 55naru@naver.com

이 논문은 한국교원대학교 2022학년도 신입교수 학술연구비 지원을 받아 수행한 연구의 결과임.

© The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

태도의 함양을 위해 과학의 본성(Nature of Science)을 필수적으로 이해하고 있어야 한다(Meichtry, 1992). 과학이가지는 본질과 특성, 그리고 사회문화적 가치와 한계 등과 같은 과학의 인식론적 측면을 의미하는 과학의 본성은 학생들로 하여금 과학적 주장의 의미를 해석할 수 있는 능력을 배양하고, 사회·과학적 문제를 이해하도록 할 뿐만 아니라 과학과 기술이 가지는 한계점을 이해할 수 있도록 도와준다(Sandoval, 2005). 따라서 과학의 본성은 과학 교육의 중요한 영역으로 강조되고 있고(McDonald, 2010), 세계 여러 나라에서 과학의 본성을 과학 교육과정 내용에 포함시키고 있다.

교사는 과학 수업에서 학생들에게 과학의 본성에 대해 가르쳐야 한다는 합의를 바탕으로 과학의 본성에 대한 이해를 도울 수 있는 효과적인 교육 방법에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다. Lederman *et al.*(2002)는 과학의 본성에 대한 명시적 교육의 중요성을 강조했다, 정운숙과 김성원(2015)은 과학관련 사회 쟁점 학습을 통한 과학의 본성을 이해하도록 유도하는 방법을, 서동현 외(2017)는 과학기술사 프로그램을 통한 과학의 본성 이해를 시도하였다. 그러나 실질적으로 기존의 학교 교육만으로 이루어지기 어려운 과학의 본성에 대한 교육을 보완하기 위해서 어떠한 교육적 맥락으로의 접근이 더 효과적이고 더 나은 교수법으로 활용될 수 있는지 꾸준히 연구할 가치가 있다(김희정과 김성원, 2013). 이와 더불어 과학의 본성과 관련된 선행연구들은 학생·교사·과학자 등이 지니고 있는 과학의 본성에 대한 관점 확인(이영희, 2014; 임성만 외, 2010), 과학의 본성을 적용한 수업이 특정 과학 개념의 이해에 미치는 영향 분석(김희정과 김성원, 2013; 윤지영과 백성혜, 2015), 과학의 본성에 대한 이해를 돕기 위한 효과적인 교수학습 프로그램 개발 및 효과성 분석(김선영과 신길수, 2017; 백성혜와 남초이, 2010) 등이 이루어져 왔다. 하지만 이러한 선행 연구들은 대부분 과학의 본성 검사지나 면담을 통해 학생들이나 교사들이 과학의 본성에 대해 고전적 관점(Naive view)을 지녔는지 현대적 관점(Informed view)을 지녔는지 확인하는데 그치고 있어 과학의 본성에 대한 인식을 심층적으로 이해하는데 한계를 갖는다.

이에 과학의 본성에 대한 인식을 분석하기 위한 방법으로 과학 일기가 대안으로 제시되었다. 과학 일기는 하루 동안 경험한 과학과 관련된 현상이나 생각을 소재로

하여 형식과 분량의 제한 없이 쓰는 글로(남경운 외, 2004), 학생들의 과학에 대한 인식 및 태도, 탐구 능력 향상과 학습 동기유발에 긍정적으로 작용하며(박희진과 권난주, 2008; 이봉우와 김희경, 2008), 일상생활과 과학 개념의 관계를 더 잘 인식하게 하여 과학적 소양을 함양하는데 도움을 준다(Gibson *et al.*, 2001). 과학 일기와 같은 반성적 일기(Reflective journals)는 쓰기를 하는 동안 사고하거나 행동한 것을 객관적으로 인식하고 평가할 수 있고, 자신의 지식구조나 이해를 점검할 수 있기 때문에(Cowan, 2014) 개인이 과학의 본성에 대해 어떤 관점을 갖추고 있으며, 그 관점이 어떤 계기로 어떻게 변하는지 분석하는데 효과적인 방법이 될 수 있다.

한편, 학생들의 과학의 본성에 대한 잘못된 이해는 교사로부터 기인하는 경우가 많으며, 교사의 과학의 본성에 대한 인식과 이해 정도는 과학 교수학습 상황에 그대로 반영된다(김선영, 2016). 교사들이 수업 시간에 과학의 본성에 대해 현대적 관점으로 더 자주 언급할수록 학생들의 과학의 본성에 대한 이해가 향상되었다는 연구 결과도 있다(Brunner & Abd-El-Khalick, 2020). 예비 과학교사들이 과학의 본성에 대한 올바른 이해를 갖추면, 학생들에게 과학이 어떻게 발전하고 변화하는지, 과학자들이 어떻게 탐구하는지에 대한 올바른 지식을 전달할 수 있고(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a), 과학적 원리와 방법론을 이해함으로써 과학적 사고력이나 문제해결 능력을 키우는데 도움이 될 수 있다(Lederman, 2007). 특히 교사양성과정에서 받았던 교육은 학교 현장에 나갔을 때 교수 실행에 반영된다는 점에서(Simmons *et al.*, 1999) 예비 과학교사들이 과학의 본성에 대한 현대적 관점을 지니는 것은 중요하며, 이를 위해 현재 예비 과학교사들이 과학의 본성에 대해 어떻게 인식하고 있는지를 분석할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 초등 예비교사들이 작성한 과학 일기를 양적·질적 분석하여 초등 예비교사들이 지닌 과학의 본성에 대한 관점의 특징과 그 변화 과정을 분석하고자 한다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 과학 일기에 나타난 초등 예비교사의 과학의 본성에 대한 인식 유형은 어떠한가?

둘째, 과학 일기에 나타난 초등 예비교사의 과학의 본성에 대한 인식 변화 과정은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구에서는 초등 교사 양성기관인 K 대학교에서 2022학년도 1학기 ‘과학 본성의 이해’ 과목을 수강한 초등 예비교사 13명이 쓴 과학 일기 112편을 연구 대상으로 하였다. 예비교사들에게 수업 오리엔테이션 시간에 과학 일기를 써야 하는 필요성과 방법을 설명하였으며, 이해를 돕기 위해 과학 일기의 예시 자료를 제공하였다. 과학 일기는 주제에 대한 자신의 생각이나 경험을 사진과 그림을 포함하여 자유로운 형식으로 자세히 서술하도록 안내하였다. 연구 자료는 모두 연구 대상자의 동의를 얻어 수집하였다.

2. 자료 수집 및 분석

초등 예비교사들은 ‘과학 본성의 이해’ 수업을 들으면서 주당 1회씩, 평균 9편의 과학 일기를 꾸준히 작성하였다. 수집된 과학 일기는 연구 대상별로 평균 10쪽(1쪽 평균 1200자 내외)이었고, 연구 대상자들이 작성한 과학 일기의 주제 목록은 Table 1과 같다.

과학의 본성 유형을 분석하기 위해서는 과학의 본성 4가지 영역의 연구 개념들(이영희, 2013)을 활용하여 분석하였고(Table 2), 과학의 본성에 대한 관점 변화를 분

Table 1. List of science journal topics

| 회기 | 과학 일기 주제 목록 |
|-----|-------------------------------|
| 1회기 | 내가 생각하는 과학이란? |
| 2회기 | 과학의 본성을 아이들에게 이해하기 쉽게 가르치는 방법 |
| 3회기 | 우리가 과학에 대해서 가져야 할 입장 |
| 4회기 | 과학에서 창의성이란 무엇인가? |
| 5회기 | 과학에서 경험의 의미 |
| 6회기 | 과학자들이 토론을 즐기는 이유 |
| 7회기 | 과학과 낙서의 공통점 |
| 8회기 | 학생들에게 관찰이 중요한 이유 |
| 9회기 | 재미있는 과학 놀이 소개하기 |

석하기 위해서는 VNOS-C 검사 분석틀(Lederman *et al.*, 2002)을 활용하였다(Table 3). 두 가지 분석틀은 지난 수십 년 동안 과학교육자들이 과학의 본성과 관련하여 과학 교육과정 및 수업모형을 개발하고 평가하는데 많이 사용되어져 온 분석틀로써, 다양한 과학의 본성 측면들을 포함하고 있다는 장점이 있다(이영희, 2014).

수집된 자료의 분석은 과학의 본성 4가지 영역의 연구 개념들에 제시된 과학의 본성 각 유형에 따른 빈도수를 영역별로 분류하고 정리하는 양적 내용 분석 방법과, 과학의 본성에 대한 관점 변화를 귀납적으로 도출하는 질적 내용 분석을 수행하였다. 먼저 예비교사들이 지닌 과학의 본성에 대한 견해를 유형별로 구분하여 양적 분석하였고, 각 유형별을 구성하는 세부

Table 2. Conceptual framework in the four areas of the nature of science(이영희, 2013)

| Category I. 과학의 지식적 본성 | Category II. 과학의 탐구적 본성 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - 과학은 사실, 개념, 법칙, 이론 등의 내용 요소로 구성되어 있다. - 과학적 지식은 자연현상을 설명하고 예측한다. - 과학적 지식은 새로운 이론의 발견으로 인해 변할 수도 있는 가변성이 있다. - 과학에서는 서로 다른 지식의 유형들이 있다(법칙과 이론은 서로 다른 것이다). - 새로운 과학적 지식은 탐구의 과정으로부터 나온다. | <ul style="list-style-type: none"> - 과학은 경험적 증거에 근거한다. - 과학은 관찰과 추론에 의존한다. - 과학에는 다양한 과학적 방법이 존재한다(과학적 방법은 획일적이지 않다). - 과학적 기술을 이용한 실험은 아이디어를 검증하는데 있어 중요하다. |
| Category III. 과학의 사고적 본성 | Category IV. 과학의 STS적 본성 |
| <ul style="list-style-type: none"> - 과학에서 추론과 상상력(창의력)은 모두 중요하다. - 과학자들은 완전하게 객관적일 수 없으며, 편견을 피하기 위해 노력한다. - 과학적 지식은 이해를 기반으로 한다. - 과학적 지식은 그것의 역사와 함께 발전한다. - 회의적 태도와 비판은 과학적 사고에 있어 중요하다. | <ul style="list-style-type: none"> - 과학은 사회에 긍정적 또는 부정적으로 작용할 수 있다. - 과학과 기술은 서로 영향을 미치지만, 이 둘은 서로 다른 것이다. - 과학은 복잡한 사회적 활동이다. - 과학은 사회와 문화의 영향을 받는다. - 과학과 과학의 방법은 사회의 모든 문제를 해결할 수는 없다(과학의 한계). - 과학은 협력에 의해 이루어진다(다양성). - 과학에는 윤리적 원칙이 있다. - 과학자들은 전문가와 시민으로써 공공의 문제에 참여한다. |

Table 3. VNOS-C analysis framework(Lederman *et al.*, 2002)

| 과학의 본성 요소 | 고전적 관점 | 현대적 관점 |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 과학의 정의 | - 귀납주의, 실증주의, 사실주의, 과학주의에 해당한다. | - 상대주의, 도구주의, 상황주의, 구성주의에 해당한다. |
| 과학지식의 경험적 본성 | - 이론을 확인하는 과정이다. - 과학 지식을 증명하기 위한 과정이다. | - 가설 검증을 위한 과정이다. - 새로운 사실을 발견하는 과정이다. |
| 과학적 방법의 다양성 | - 실험은 과학의 발달에 반드시 필요하다. | - 실험 이외의 다른 탐구방법도 있다. |
| 과학지식의 잠정성 | - 변하지 않는다. | - 변한다. |
| 이론과 법칙의 차이 | - 이론은 변하며 법칙은 불변의 진리이다. - 이론이 법칙으로 된다. | - 이론은 설명, 법칙은 기술이다. - 이론과 법칙은 대등관계이다. |
| 지식과 관점의 차이 | - 지식은 진리, 관점은 설명 도구이다. | - 지식은 검증된 것, 관점은 의견이나 생각이다. |
| 관찰의 이론의존성 | - 자료의 부족이나 부정확 때문이다. - 사실을 확인할 수 없을 때에는 추측만 하게 되므로 여러 가지 결론이 나올 수 있다. | - 생각하는 관점의 차이, 배경지식이 다르기 때문이다. - 다른 가설을 세웠기 때문에 그 가설에 합당한 자료를 찾으려고 한다. |
| 사회문화적 내재성 | - 과학지식은 보편적 가치를 반영한다. | - 과학지식은 사회적 문화적 가치를 반영한다. |
| 창의적 상상력 | - 실험의 설계와 구상의 단계에서 창의성이 발휘된다. - 자료를 해석할 때 창의성이 발휘된다. | - 탐구의 모든 단계에서 창의성이 발휘된다. |

관점별로 해당하는 사례의 수를 세어 그 분포를 확인하고 구체적인 사례를 제시하였다. 나아가 예비교사들이 서술한 과학의 본성 관점이 고전적 관점인지 현대적 관점인지 구별하여 그 변화 양상을 유형화하였다. 이 과정은 연구자간 일치도가 90%에 이를 때 까지 3차례 협의를 거쳐 진행되었다. 또한 분석의 전 과정은 초등 예비교사들이 작성한 과학 일기를 과학교육 전문가 2인이 반복적으로 읽고 의미를 추출하는 과정을 거쳤다. 연구자 2인이 각자 카테고리를 찾은 후 토론을 통해 범주화하였으며, 다른 범주들과의 관련성을 타당화하는 과정을 거쳤다(Corbin & Strauss, 1990). 이러한 과정은 Denzin *et al.*(1978)가 주장한 분석의 삼각측정으로 질적 연구의 진실성을 높이기 위한 방법이었다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 초등 예비교사들이 쓴 과학일기에서 나타난 과학의 본성 유형 분석

가. 과학의 본성 유형별 분석

초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 과학의 본성 유형은 Fig. 1과 같다.

초등 예비교사들이 쓴 과학 일기에 나타난 과학의 본성의 유형을 분석한 결과 과학의 사고적 본성이 22회로 가장 많이 나타났고, 과학의 탐구적 본성이 16회로 가장 적게 나타났다. 과학의 지식적 본성과 과학의 STS적 본성은 모두 20회로 동일하게 나타났다. 탐구적 과

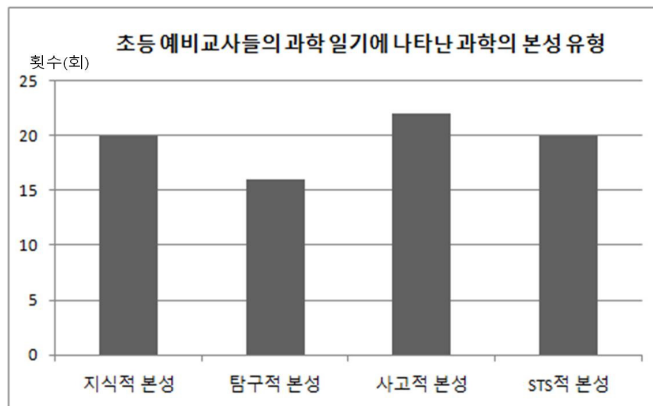


Fig. 1. Types of the nature of science shown in the science journals of pre-service elementary school teachers

학 글쓰기에 나타난 교사들의 과학의 본성에 대해 연구한 김상호와 이영희(2016)의 연구에서는 과학의 탐구적 본성이 가장 많았고, 지식의 본성과 사교적 본성이 비슷한 빈도로 관찰되었고, STS적인 과학의 본성이 가장 낮은 비율로 나타난 것을 고려하면 생물 전공 과학 교사들에 비해 초등 예비교사들이 과학의 탐구적 본성에 대한 인식이 미흡한 것으로 해석할 수 있다. 이 연구

에서 과학의 탐구적 본성이 가장 적게 나타난 이유를 선행연구에서 찾을 수 있는데, Shapiro(1996)은 예비교사들이 과학의 탐구적 본성에 대해 적절히 이해하지 못하고 있는 이유로 연구나 탐구활동에 대한 경험 부족을 꼽고 있다. 현재 학교에서 진행되고 있는 탐구 활동은 과학자 집단에서 수행하는 복잡한 추론, 과학적 의미에 대한 다양한 논쟁 등이 빠져 있어 실제 과학과의 유사

Table 4. A detailed perspective on the nature of science appeared in the science journals of pre-service elementary school teachers

| 과학의 본성 유형 | 세부 내용 | 횟수 | 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 예시 |
|-------------|------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 과학의 지식적 본성 | 과학 지식의 구성 | 0 | |
| | 과학 지식의 목적 | 5 | 과학은 자연 현상을 탐구하여 그 현상이 일어나는 과정과 이유를 설명하는 것이다. (학생G) |
| | 과학 지식의 가변성 | 15 | 과학은 변화한다는 것이다. 이전에 알던 것에 새로운 사실이 추가적으로 발견되어 덧붙여질 수 있고, 전과는 다른 결과치가 나와 관련된 내용이 달라질 수 있다. (학생D) |
| | 법칙과 이론의 구분 | 0 | |
| | 과학 지식의 시작 | 0 | |
| 과학의 탐구적 본성 | 경험적 증거의 중요성 | 10 | 일상에서의 사소한 경험에서 시작하여 궁금증을 해결하기 위해 실험을 하고 실험에서 얻어지는 경험적 지식이 모여 그 현상을 설명할 수 있는 과학적 근거가 되는 데까지 과학에서 경험의 힘은 크다. (학생K) |
| | 관찰과 추론의 중요성 | 5 | 과학은 관찰과 이를 바탕으로 한 추론을 이용하는 학문이다. (학생J) |
| | 과학적 방법의 다양성 | 1 | 과학에도 실험이나 조사 등 다양한 방법으로 가장 사실에 가까운 이론과 지식을 형성한다. (학생B) |
| | 실험의 중요성 | 0 | |
| 과학의 사교적 본성 | 추론과 창의력의 중요성 | 3 | 과학은 사람의 상상력과 체계적인 증명과정이 더해진 결과물이라고 생각한다. (학생A) |
| | 주관성과 편견의 배제 | 5 | 과학 또한 관찰시 인간의 감각기관을 이용하므로 관찰이 왜곡될 수 있고, 결과를 다르게 해석할 수 있다. 현재 과학 이론에도 오류가 존재할 수 있으니 맹목적으로 믿어서는 안 된다. (학생B) |
| | 이해의 중요성 | 0 | |
| | 지식의 발전 | 8 | 과학은 유연하고 끊임없이 발전하는 학문이다. (학생A) |
| | 회의적 태도와 비판의 중요성 | 6 | 이미 밝혀진 과학적 사실이나 이론에 대해 늘 검증하고, 확인하고 비판적으로 생각해야 한다. (학생J) |
| 과학의 STS적 본성 | 과학의 긍정적, 부정적 영향 | 12 | 과학 기술이 사회에 미칠 수 있는 영향, 인간에 미칠 수 있는 영향, 자연에 미치는 영향 등을 긍정적 측면과 부정적 측면 모두 생각해봐야 한다. (학생B) |
| | 과학과 기술의 연관성 및 분리 | 0 | |
| | 과학의 복잡성 | 0 | |
| | 사회 문화적 영향 | 2 | 과학에서도 여러 과학자들이 갖고 있는 정보와 지식, 사회적 문화적 배경 등을 이용해 지식과 이론을 형성한다. (학생B) |
| | 과학의 한계 | 0 | |
| | 협력과 다양성 | 1 | 과학자들은 다른 연구자들과 상호작용과 협력을 통해 새로운 과학이론을 만든다. (학생K) |
| | 과학의 윤리성 | 5 | 늘 윤리적인 태도로 과학을 대해야 한다. (학생E) |
| | 과학의 공공성 | 0 | |

성을 찾아볼 수 없고(Chinn & Malhotra, 2002), 과학자의 실행을 왜곡하거나 지나치게 단순화하여 전달해오고 있다(Hodson, 2014). 물론 과학자들이 실제로 수행하는 탐구 활동은 매우 복잡하여 현실적으로 일반 학교에서 학생들에게 실제 과학하기의 경험을 제공하는 것에 한계가 존재하지만(Schwartz *et al.*, 2004) 과학의 탐구적 본성에 대한 적극적인 관심과 지도가 필요하다.

과학의 본성 네 가지 유형은 각각 여러 개의 세부 유형으로 구성되어 있는데, 각 유형에 대해 예비교사들이 어떤 세부 관점을 많이 기술하였는지 분석한 결과는 Table 4와 같다.

초등 예비교사들이 과학 일기에 쓴 과학의 본성 관점들을 각 유형별로 세부적으로 살펴보았다. 과학의 사교적 본성에 대해서는 각 세부 관점별로 비슷한 비율로 언급하였지만 과학의 지식적 본성, 탐구적 본성, STS적 본성에 대해서는 특정 관점에 집중되어 있었다.

예비교사들은 과학의 지식적 본성에 대해 ‘과학적 지식은 새로운 이론의 발견으로 인해 변할 수도 있는 가변성이 있다.’라는 과학 지식의 가변성을 집중적으로 언급하였다. 특히 과학 지식의 구성, 이론과 법칙의 구분, 과학 지식의 시작과 관련된 관점에 대해서는 과학 일기에 전혀 나타나지 않았는데, Abd-El-Khaick *et al.*(1998)의 연구와 동일하게 이론과 법칙의 관계에 대한 예비 교사들의 이해가 부족함을 알 수 있다.

과학의 탐구적 본성에 대해서는 ‘과학은 경험적 증거에 근거한다.’라는 경험적 증거의 중요성을 집중적으로 언급하였다. 과학적 방법의 다양성이나 실험의 중요성에 대한 관점은 언급이 아주 미미하였다. Lederman & Lederman(2019) 역시 ‘과학을 하는 방법은 유일하다.’와 ‘과학하기에 있어서 실험이 필수 불가결하다.’를 일반인의 과학 관련 통념이자 학생들이 지니고 있는 대표적 오개념이라고 언급해왔다. 고등학생들이 과학의 탐구적 본성에 대한 인식을 조사한 Gaigher *et al.*(2014)의 연구에서도 실험에 대한 인식 요소가 특히 낮은 이해수준에 머물렀다. 현재 과학 교과서는 학생들이 일련의 탐구 과정을 모두 수행하도록 하는 탐구활동이 제한적으로 제시되어 있다(박은우와 이영희, 2016). 이와 같이 교과서 내용 중에 필수적인 탐구 요소가 불충분하거나 특정 요소에 편중되는 것은 과학의 탐구적 본성의 여러 측면에 대한 고른 이해 발달을 방해하는 요인이 될 수 있다(조은진, 2020). 하지만 7개월에 걸쳐 과학의 탐구

적 본성에 대한 견해의 변화를 위한 명시적, 반성적 활동과 다양한 탐구를 수행한 결과 학생들의 과학의 탐구적 본성에 대한 이해 수준이 크게 상승하였다는 연구 결과(Lederman *et al.*, 2014)를 고려하면 과학의 탐구적 본성에 대한 발전적인 지도 가능성을 엿볼 수 있다.

과학의 사교적 본성에 대해서는 다른 영역에 비해 각 세부 관점들이 골고루 분포되었다. 특히 ‘과학적 지식은 그 역사와 함께 발전한다.’는 관점과 ‘과학자들의 주관성과 편견을 지양하기 위해 과학 활동에 대한 회의적 태도와 비판적 분석이 필요하다.’는 관점에 대해 적절하게 이해하고 있었다. 김상호와 이영희(2016)의 연구에서도 연구에 참여한 과학교사들은 과학의 사교적 측면에서 비교적 다양한 과학의 본성 내용을 고루 인식하는 것으로 분석되었다. 이를 통해 다른 영역에 비해 과학의 사교적 본성은 여러 세부 관점들이 쉽게 이해됨을 알 수 있다.

과학의 STS적 본성에 대해서는 ‘과학은 사회에 긍정적 또는 부정적으로 작용할 수 있다.’라는 관점이 가장 많이 나타났다. ‘과학에는 윤리적 원칙이 있다.’는 관점이나 ‘과학은 사회와 문화의 영향을 받는다.’, ‘과학은 협력에 의해 이루어진다.’는 관점도 일부 언급되었지만 과학과 기술의 연관성이나 과학의 복잡성과 관계, 과학의 공공성에 대한 관점은 전혀 언급되지 않았다. 중등 화학 교과서에 제시된 과학의 본성 요소를 분석한 선행연구(Zhu & Tang, 2023)에서도 교과서에 제시된 과학의 본성 여러 측면 간 전반적인 불균형이 존재하며, 특히 과학의 사회 문화적 내재성에 대한 표현이 교과서에서 현저하게 낮은 비율을 차지하고 있음을 지적하였다. 따라서 학생들에게 과학과 기술의 연관성, 과학자들의 사회적인 역할, 사회와 문화의 영향을 받는 과학 활동의 특성 등 복잡하고 다양한 과학의 STS적 본성에 대해 충분히 이해할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다.

과학교사의 역할은 학생의 학습 증진의 가장 영향력 있는 요소 중 하나이며, 교사의 과학의 본성과 과학 수업은 필요충분적 관계이다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b). 뿐만 아니라 과학의 본성에 대한 교사의 지식과 신념은 과학 교수활동에 직접적인 영향을 준다(남윤경, 2019). 따라서 예비교사들이 과학의 본성에 관한 세부 유형을 골고루 체득할 수 있도록 과학의 본성 교육과 관련된 다양한 교수-학습 전략 개발이 필요하다.

2. 초등 예비교사들이 쓴 과학 일기에서 나타난 과학의 본성 관점 변화

초등 예비교사들이 쓴 과학 일기에서 나타난 과학의 본성에 대한 관점 변화 양상을 유형화 하면 Fig. 2와 같이 ‘고전적 관점 유지형’, ‘현대적 관점 유지형’, ‘회귀형’, ‘발전형’, ‘혼재형’으로 유형화 할 수 있다. 고전적 관점 유지형은 회기가 지남에도 불구하고 고전적 관점을 유지하는 것이고, 이와 대비되는 현대적 관점 유지형은 회기 전체에서 현대적 관점을 유지하는 유형이다. 또한 회귀형은 회기가 지남에 따라 현대적 관점에서 고전적 관점으로 회귀하는 것을, 이와 반대로 발전형은 회기가 지남에 따라 고전적 관점에서 현대적 관점으로 발전하는 유형이다.

회기 내에서 고전적 관점과 현대적 관점이 혼재되어 있는 혼재형 유형도 나타났다.

각 유형에 대해 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 예시를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다(Table 5~Table 9).

가. 고전적 관점 유지형

학생M은 1회기와 4회기 과학일기에서 모두 ‘실험의 설계와 구상단계나 자료를 해석할 때 등 탐구의 일부 단계에서 창의성이 발휘한다.’는 고전적 관점을 유지하였는데, ‘탐구의 모든 단계에서 창의성이 필요하다.’는 현대적 관점까지 나아가지 못했다. Akerson *et al.*(2000)

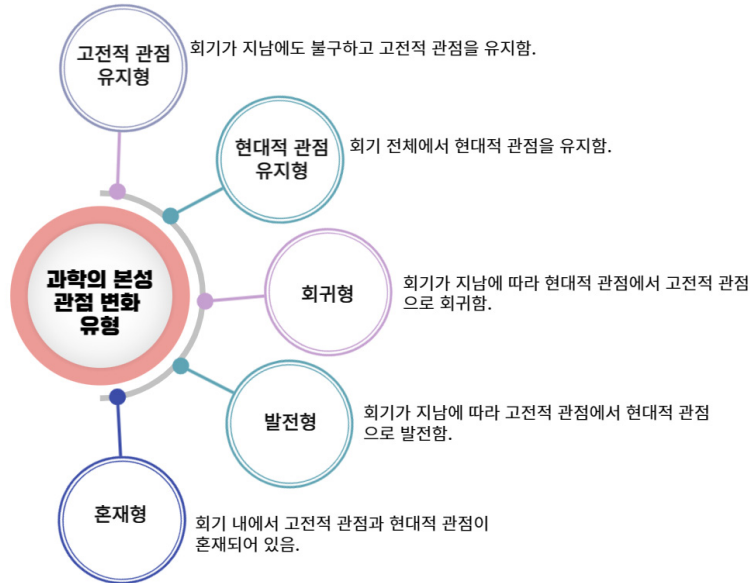


Fig. 2. Pre-service elementary school teachers' change in the nature of science

Table 5. Example of naive view maintenance type

| 학생 코드 | 과학의 본성 요소 | 회기별 관점 변화 | | 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 예시 |
|-------|---------------|-----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 1회기 | 4회기 | |
| 학생M | 창의적 상상력 | | | 뉴턴이 갑자기 떨어지는 사과를 보며 중력을 생각했던 것처럼 특정 단계에서 창의성이 발휘되는 순간이 있다. (고전적 관점) ↓ 연구 아이디어를 떠올릴 때 기존의 지식을 선택 및 활용하는데 창의성이 필요하다. (고전적 관점) |
| | | 고 | 고 | |
| 학생F | 과학 지식의 경험적 본성 | | | 과학은 자연 현상을 탐구하여 그 현상이 일어나는 과정, 이유, 원리를 규명하는 것이다. (고전적 관점) ↓ 자연과학은 말 그대로 우리 주변을 둘러싼 자연현상을 탐구하는 것인데, 자연현상에 존재하는 이론이나 지식을 설명함을 목적으로 한다. (고전적 관점) |
| | | 고 | 고 | |

역시 초등 및 중등 교사들이 과학의 본성 중 상상력과 관련해 고전적 관점을 보이는 경우가 많음을 지적했고, 임청환 외(2004)의 연구에서도 예비 교사들의 과학의 본성에 대한 인식은 명시적 수업을 진행한 후에도 이전보다 현대적인 관점으로 변화되지 못하였다. 이러한 점은 신규 초등교사가 과학의 본성과 관련해 제한적 지식을 지니고 있고, 실제로 과학의 본성에 대해 자세히 공부할 기회가 거의 없었기 때문이라는 Shapiro(1996)의 주장에서 그 이유를 찾을 수 있다. 따라서 교사 양성기관에서는 과학의 본성에 대한 내용을 이해할 수 있는 수업이 지속적으로 편성되어야 하며, 예비교사들이 실질적인 과학 경험을 통해 과학의 본성을 체득할 수 있도록 다양한 교수·학습 프로그램을 개발해야 한다.

학생F는 과학 지식의 경험적 본성 요소와 관련하여 1회기와 5회기에서 모두 과학은 이론을 확인하거나 과학 지식을 증명하기 위한 과정이라고 생각하는 고전적 관점을 유지하였다. ‘과학 지식의 경험적 본성’ 요소는 학생마다 그 변화 양상이 다양한 유형으로 나타난 것이 특징적이었는데, 학생F는 고전적 관점 유지형을 보였던 반면 학생M은 회귀형, 학생A는 발전형, 학생G는 혼재형을 따랐다.

나. 현대적 관점 유지형

학생A는 여러 회기 동안 ‘과학 지식은 변할 수 있다’라는 현대적 관점을 계속 유지하였다. 학생A 뿐만 아니라 학생H, I, J, K, L 등 대부분의 학생들이 과학 지식의 잠정성에 대해 현대적 관점을 여러 회기 동안 유지하였다. 과학교사가 실제 학교 현장에서 가르치는 과학 지식은 절대적 진리로서 안내되는데, 현대 과학 철학에서 바라보는 과학 지식은 가설적, 잠정적 속성이 있어 과학의 발달에 따라 언제든지 그 의미가 바뀔 수 있다는 피리가 학생들이 과학 지식에 대해 고전적 관점을 갖게 하는 원인이 된다는 선행연구(정윤숙과 김성원, 2015)와 달리 초등 예비교사들은 과학 지식에 대해 비교적 현대적 관점을 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

학생D는 창의적 상상력에 대해 ‘탐구의 모든 단계에서 창의성이 발휘된다.’라는 현대적 관점을 유지해 ‘탐구의 일부 단계에서 창의성이 발휘된다.’라는 고전적 관점을 계속 유지한 학생M과 대비되는 모습을 보였다. 학생J는 관찰의 이론의존성에 대해 ‘경험, 배경 지식, 관점’에 따라 관찰의 이론의존성이 나타날 수 있다고 생각하는 현대적 관점을 유지하였다.

Table 6. Example of informed view maintenance type

| 학생 코드 | 과학의 본성 요소 | 회기별 관점 변화 | | | 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 예시 |
|-------|------------|-----------|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 1회기 | 2회기 | 6회기 | |
| 학생A | 과학 지식의 잠정성 | 1회기 | 2회기 | 6회기 | 과학은 유연하고 끊임없이 발전하는 학문이라고 생각한다. (현대적 관점) ↓ 과학은 지금까지 계속해서 변화해왔고 앞으로도 변할 수 있다는 잠정성을 갖고 있다. (현대적 관점) ↓ 과학 이론은 고정된 것이 아니라 새로운 관점에 의해 언제든지 변화할 수 있다는 특징을 가지고 있다. (현대적 관점) |
| | | 현 | 현 | 현 | |
| 학생D | 창의적 상상력 | 4회기 | 7회기 | | 창의성은 새로운 것을 발명해내는 것 외에도 문제에 대한 새로운 분석을 내 놓거나 같은 이론에 대해 색다른 실험 방법을 떠올리는 것 등 모든 부분에서 작용할 수 있다. (현대적 관점) ↓ 모든 부분이 창의성으로 이루어진다. 이론의 발견에서부터 실험 구상 등 여러 부분에서 모두 창의성이 중요한 요소이다. (현대적 관점) |
| | | 현 | 현 | | |
| 학생J | 관찰의 이론의존성 | 1회기 | 2회기 | 6회기 | 똑같은 자연현상도 관찰하는 사람의 경험이나 지식에 따라 다르게 이해되고 수용될 수 있다. (현대적 관점) ↓ 똑같은 자료와 관찰 결과를 보더라도 보는 사람마다 갖고 있는 배경지식이 달라 다르게 받아들여질 수 있다. (현대적 관점) ↓ 같은 A라는 단서/관찰 결과를 보고서도 각자의 관점에 따라 B, C, D 등 각각 다른 원인을 추론해냈다. (현대적 관점) |
| | | 현 | 현 | 현 | |

다. 회귀형

학생M은 1회기와 7회기에서는 ‘과학은 새로운 사실을 발견하거나 가설 검증하는 과정’이라고 생각하는 현대적 관점을 취하나 8회기에서 ‘자연에는 우리가 아직 인식하지 못한 많은 과학적 원리가 숨어있다.’라고 말함으로써 과학은 과학적 원리를 증명하고 이론을 확인하는 과정이라고 인식하는 고전적 관점으로 회귀하였다.

라. 발전형

학생A는 1회기에서 과학은 ‘자연현상을 설명하기 위해 여러 개념이나 원리에 대한 증거를 찾아가는 과정이다’라고 서술함으로써 과학은 이론을 확인하고 지식을 증명하기 위한 과정이라고 생각하는 고전적 관점을 취하고 있었다. 하지만 4회와 5회기에서는 ‘과학은 가설을 검증하는 과정’이라는 현대적 관점을 취하며, 이때 창의성이나 경험이 중요하다고 서술하였다.

학생C는 1회기와 5회기에서 ‘과학은 절대적인 답이나 지식이 정해져 있다’라고 생각하는 고전적 관점을 취했으나 7회기에서는 과학이 관점에 따라 다양한 해석이 가능하다는 상대주의적 관점을 취해 현대적 관점으로 나아간 것을 확인할 수 있었다. 학생C가 1회기나 5회기에서 서술한 진술들은 과학교육 현장에서 과학 지식의 개념 체계와 논리적 구조를 강조했다기 때문(장명덕, 2018)이라고 해석할 수 있다. 이선경 외(2005)도 결과 중심의 지식 체계는 가장 쉽게 과학 수업 목표에 다다르게 하는 좋은 방법일 수도 있으나 과학을 완성된 체계로 전달하게 되어 과학적 사실, 법칙, 이론들이 발달 과정에 있고 변화 가능하며, 잠정적이라는 본질적인 점을 무시하게 된다고 주장하였다. 따라서 학교 과학교육에서도 절대적 지식으로서 과학 개념을 가르치는 것이 아니라 과학 지식이 변화되고 형성되는 배경이나 과정에 대한 지도도 함께 이루어져야 함을 시사한다.

Table 7. Example of regression type

| 학생 코드 | 과학의 본성 요소 | 회기별 관점 변화 | | | 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 예시 |
|-------|---------------|-----------|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 1회기 | 7회기 | 8회기 | |
| 학생M | 과학 지식의 경험적 본성 | 현 | 현 | 고 | 과학은 우리가 당연하게 받아들이던 현상을 넘어 새로운 사실을 발견해내는 학문이다. (현대적 관점) ↓ 과학에서 기존의 지식을 활용해 새로운 가설을 세우고 이를 증명하는 것과 비슷하다. (현대적 관점) ↓ 자연에는 우리가 아직 인식하지 못한 많은 과학적 원리가 숨어있다. (고전적 관점) |
| | | | | | |

Table 8. Example of development type

| 학생 코드 | 과학의 본성 요소 | 회기별 관점 변화 | | | 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 예시 |
|-------|---------------|-----------|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 1회기 | 4회기 | 5회기 | |
| 학생A | 과학 지식의 경험적 본성 | 고 | 현 | 현 | 과학은 자연현상을 설명하기 위해 여러 개념이나 원리에 대한 증거를 찾아가는 과정이다. (고전적 관점) ↓ 가설을 세우고 검증하면서 몰랐던 것을 발견하는 과정에서 창의성이 필요하다. (현대적 관점) ↓ 가설을 검증하고 새로운 알지 못하던 새로운 것을 발견하는 과정에서도 경험이 중요한 역할을 한다. (현대적 관점) |
| | | | | | |
| 학생C | 과학의 정의 | 고 | 고 | 현 | 나는 과학이 사회 과목보다 답이 딱 정해져 있어서 좋아했다. 과학은 의문점에 대한 답을 찾아가는 과정이다. (고전적 관점) ↓ 학생들에게 과학 원리를 알려주기 위해서, 또 배운 내용에 대해 질문이 들어올 것을 대비해서 내용을 배워 숙지해두어야 한다. (고전적 관점) ↓ 과학은 보는 관점에 따라 다양한 해석이 가능하다. (현대적 관점) |
| | | | | | |

마. 혼재형

학생B는 2회기에서 ‘관점’에 따라 관찰 결과가 달라질 수 있음을 서술하여 현대적 관점을 보이고 있지만 3회기에서는 ‘감각기관의 사용으로 인한 자료의 부정확성’ 때문에 관찰 결과가 달라질 수 있음을 서술하여 고전적 관점으로 회귀하였다. 하지만 6회기에서는 다시 ‘인지구조, 배경 지식’에 따라 관찰 결과가 달라질 수 있음을 기술하여 현대적 관점으로 다시 바뀌었다. 학생G는 과학지식의 경험적 본성에 대해 1회기에는 과학이 자연현상의 ‘이유와 원리를 증명’하는 고전적 관점을 지니지만 2회기에서는 ‘가설 검증’을 이야기함으로써 현대적 관점으로 나아갔다. 하지만 4회기에서 다시 자연 현상의 작동 원리를 설명하기 위해서 하나의 최선을 답을 도출해야 한다고 서술하여 고전적 관점으로 다시 회귀 하였다. Palmquist & Finley(1997)의 연구, 양일호 외(2005)의 연구에서도 교사들의 과학의 본성에 대한 관점이 혼재되어있음을 밝혔다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 과학의 본성에 대한 관점의 유형과 변화 양상을 분석하고자 하였다. 연구 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 초등 예비교사들이 작성한 과학 일기에 나타난 과학의 본성에 대한 관점은 과학의 사고적 본성, 지식적 본성, STS적 본성, 탐구적 본성은 비교적 비슷한 비율로 서술되었으나 그 중 과학의 사고적 본성이 가장 높은 비율로 나타났고, 과학의 탐구적 본성이 가장 낮은 비율로 기술되었다. 각 관점들의 세부 유형별로 살펴보면, 과학의 지식적 본성은 과학 지식의 가변성을 집중적으로 언급하였고, 과학의 탐구적 본성에 대해서는 경험적 증거의 중요성을 과학의 탐구적 본성에 대해서는 과학의 긍정적·부정적 작용을 집중적으로 언급하였다. 이에 비해 과학의 사고적 본성은 세부 관점별로 비슷한 비율로 언급하였다.

둘째, 초등 예비교사들이 쓴 과학 일기에서 나타난 과학의 본성에 대한 관점 변화 양상은 ‘고전적 관점 유지형’, ‘현대적 관점 유지형’, ‘회귀형’, ‘발전형’, ‘혼재형’으로 유형화 할 수 있었다. ‘과학 지식의 경험적 본성’ 요소는 학생에 따라 고전적 관점 유지형, 회귀형, 발전형, 혼재형을 나타내어 학생마다 그 변화 양상이 다양한 유형으로 나타난 것이 특징적이었다. 또한 대부분의 학생들이 과학 지식의 잠정성에 대해 현대적 관점을 여러 회기 동안 유지하였다.

이를 바탕으로 예비교사의 과학의 본성에 대한 이해를 위한 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 과학 일기쓰기 활동뿐만 아니라 과학의 본성에 대한 이해 정도를 평가하는 다양한 방법이 지속적

Table 9. Example of mixed type

| 학생 코드 | 과학의 본성 요소 | 회기별 관점 변화 | | | 초등 예비교사들의 과학 일기에 나타난 예시 |
|-------|-----------|-----------|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 2회기 | 3회기 | 6회기 | |
| 학생B | 관찰의 이론의존성 | 현 | 고 | 현 | 학생들이 자신의 가설에 대해 토론하고 비교하는 과정을 통해 실험 과정과 결과를 보는 관점에 따라 이해한 내용이 달라질 수 있음을 (현대적 관점) ↓ 관찰 시 인간의 감각기관을 이용하므로 부정확할 수가 있기 때문에 왜곡될 수 있으며 (고전적 관점) ↓ 인지 구조에 따라 결과를 다르게 해석할 수 있고, 이론이 형성될 때는 과학자의 기존 지식 범위 내에서 만들어지기 때문에(현대적 관점) |
| | | 고 | 현 | 고 | 과학은 자연 현상을 탐구하여 그 현상이 일어나는 과정과 이유, 원리를 증명하는 것이다. (고전적 관점) ↓ 학생이 직접 가설을 설정하고, 이를 검증하고 추론해보는 (현대적 관점) ↓ 과학에 있어서는 자연 현상의 작동 원리를 설명하기 위해서 하나의 최선의 답을 도출해야 (고전적 관점) |

으로 개발되어야 한다. 현재 대부분의 과학의 본성 관련 연구에서는 과학의 본성에 대한 이해 정도를 평가하기 위해 해외에서 개발된 과학의 본성 검사지를 번안해서 만든 검사지를 사용하고 있지만 검사지 문항에서 사용되는 과학 이론들이 상당한 수준의 이해를 요구하고, 응답자의 의견을 정확하게 대변하지 못한다는 문제점들이 꾸준히 제기되고 있다(박재현과 박재용, 2022). 따라서 초등학생, 중·고등학생, 예비교사, 교사 등의 다양한 주체별로 과학의 본성에 대한 관점을 확인하고 분석할 수 있는 타당한 검사도구나 방법이 꾸준히 개발되어야 할 것이다.

둘째, 과학의 본성에 대한 관점을 고전적인 관점에서 현대적인 관점으로 바꾸어주기 위한 예비교사 대상 다양한 교수·학습 방법의 개발이 필요하다. 교사는 학생이 과학의 본성에 대한 가치관을 형성하는 데 영향을 미치는 중요한 요소이기 때문에 예비교사들이 과학의 본성에 대해 전문가적 인식론을 기초로 이해할 수 있도록 다양한 교수·학습 방법에 대한 개발이 필요하다. 과학의 본성 학습에 대해 명시적 방법이 효과적인지 암시적 방법이 효과적인지에 대해서는 여전히 논쟁 중이다(Khishfe, 2014). 각 방법에 대한 효과성 검증과 다양한 교수·학습 방법 및 전략 개발이 꾸준히 시도되어야 한다.

국문요약

이 연구는 초등 예비교사들이 작성한 과학 일기를 양적·질적 분석하여 초등 예비교사들이 지닌 과학의 본성에 대한 관점의 특징과 그 변화 과정을 분석하여 범주화하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 초등 예비교사 13명이 쓴 과학 일기 112편을 분석하였다. 수집된 자료는 과학의 본성 4가지 영역의 연구 개념들을 이용하여 영역별 빈도수를 분석하였고, VNOS-C 검사 분석틀을 이용하여 과학의 본성에 대한 관점 변화 양상을 귀납적으로 도출하여 유형화하였다. 그 결과 초등 예비교사들이 작성한 과학 일기에 나타난 과학의 본성에 대한 관점은 과학의 사교적 본성, 지식적 본성, STS적 본성, 탐구적 본성은 비교적 비슷한 비율로 서술되었으나 그 중 과학의 사교적 본성이 가장 높은 비율로

나타났고, 과학의 탐구적 본성이 가장 낮은 비율로 기술되었다. 과학 지식의 가변성, 경험적 증거의 중요성, 과학의 긍정적·부정적 작용에 대해서는 특히 집중적으로 언급되었다. 또한 초등 예비교사들의 과학의 본성에 대한 관점 변화 양상은 ‘고전적 관점 유지형’, ‘현대적 관점 유지형’, ‘회귀형’, ‘발전형’, ‘혼재형’으로 유형화 할 수 있었다. ‘과학 지식의 경험적 본성’ 요소는 학생에 따라 변화 양상이 다양한 유형으로 나타났고, 대부분의 학생들이 과학 지식의 잠정성에 대해서는 현대적 관점을 여러 회기 동안 유지하였다.

주제어: 과학의 본성, 과학 일기, 초등 예비 교사

References

- 김상호, 이영희(2016). 탐구적 과학글쓰기(SWH)에 나타난 교사들의 과학의 본성(NOS)에 대한 인식 탐구. *생물교육*, 44(3), 538-554.
- 김선영(2016). 생물 교수 맥락 내에서 예비 생물교사의 과학의 본성 교수내용학적 지식의 구축. *한국과학교육학회지*, 36(1), 147-158.
- 김선영, 신길수(2017). 예비 생물교사를 대상으로 생물학사를 활용한 과학의 본성 함양 프로그램의 효과성 탐색. *현장과학교육*, 11(2), 192-203.
- 김희정, 김성원(2013). 예술 고등학생들의 명시적 과학의 본성 수업을 통한 개념 변화의 특성. *한국과학교육학회지*, 33(2), 266-283.
- 남경운, 이봉우, 이성묵(2004). 과학일기쓰기가 과학영재의 과학에 관련된 정의적 특성에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 24(6), 1272-1282.
- 남윤경(2019). 초임 과학교사들의 교직 첫 3개월간의 경험에 대한 해석학적 현상학 연구. *대한지구과학교육학회지*, 12(3), 302-314.
- 박은우, 이영희(2016). 2009 개정 고등학교 과학교과서의 탐구활동 분석-차세대 과학기준(NGSS)의 과학 실천 요소 중심으로. *학습자중심교과교육연구*, 16(8), 419-438.
- 박재현, 박재용(2022). 초등학생용 과학의 본성 검사 도구 개발 및 타당성 검토. *초등과학교육*, 41(4),

- 701-724.
- 박희진, 권난주(2008). 초등학생의 과학일기 유형 분석 및 일기 쓰기의 효과. *한국과학교육학회지*, 28(6), 519-526.
- 백성혜, 남초이(2010). 과학의 본성에 대한 명시적인 수업이 예비 과학교사들의 인식 변화에 미치는 효과. *과학철학*, 13(1), 83-107.
- 서동현, 이영희, 조현국(2017). 특성화고 학생들의 과학의 본성(NOS) 이해를 위한 과학기술사 수업 프로그램의 개발 및 적용. *과학교육연구지*, 41(1), 60-79.
- 양일호, 한기갑, 최현동, 오창호, 조현준(2005). 초등 신규 교사의 과학 본성에 대한 신념. *초등과학교육*, 24(4), 360-379.
- 윤지영, 백성혜(2015). 과학의 본성을 적용한 수업이 초등학생의 산과 염기 개념 형성에 미치는 영향. *청람 과학교육연구논총*, 21(2), 26-42.
- 이봉우, 김희경(2008). 과학일기 쓰기를 통한 중학교 학생들의 '생활 속 과학하기' 분석. *중등교육연구*, 56(2), 273-300.
- 이선경, 신명경, 김찬중(2005). 자연사박물관의 전시에 반영된 과학의 본성. *한국지구과학교육학회지*, 26(5), 376-386.
- 이영희(2013). A proposal of inclusive framework of the Nature of Science (NOS) based on the 4 themes of scientific literacy for K-12 school science. *한국과학교육학회지*, 33(3), 553-568.
- 이영희(2014). 우리나라 생명과학 관련 분야 재미 과학자들은 어떻게 과학의 본성을 이해하고 있는가? *한국과학교육학회지*, 34(7), 677-691.
- 임성만, 정운영, 양일호(2010). 초등 과학영재 지도교사의 과학의 본성에 대한 인식 및 교수태도 분석. *과학교육연구지*, 34(2), 396-404.
- 임청환, 김현정, 이성호(2004). 과학의 본성에 대한 예비 교사와 현직 교사의 인식. *초등과학교육*, 23(4), 297-304.
- 장명덕(2018). 초등예비교사들의 과학학습의 필요성에 대한 인식. *대한지구과학교육학회지*, 11(1), 55-62.
- 정윤숙, 김성원(2015). 과학 관련 사회쟁점 학습을 통한 과학의 본성에 대한 이해의 전이. *한국과학교육학회지*, 35(5), 895-905.
- 조은진(2020). 일반 고등학교 1학년 학생들의 과학적 탐구의 본성에 관한 이해. *한국지구과학회지*, 41(3), 273-290.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000b). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- Brunner, J. L., & Abd-El-Khalick, F. (2020). Improving nature of science instruction in elementary classes with modified science trade books and educative curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 154-183.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Corbin, J. M., & Strauss, A. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons, and evaluative criteria. *Qualitative Sociology*, 13(1), 3-21.
- Cowan, J. (2014). Noteworthy matters for attention in reflective journal writing. *Active Learning in Higher Education*, 15(1), 53-64.
- Denzin, N. K. (1978). *The research act: A theoretical instruction to sociological methods* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

- Gaigher, E., Lederman, N., & Lederman, J. (2014). Knowledge about inquiry: A study in South African high schools. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3125-3147.
- Gibson, H. L., Bernhard, J., Kropf, A., Ramirez, M. A., & Van Strat, G. A. (2001). Enhancing the science literacy of preservice teachers through the use of reflective journals. *Postsecondary Education(ED)*, Washington, DC.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974-1016.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning of nature of scientific knowledge and scientific inquiry: Building capacity through systematic research-based professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737-762.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N. G., Antink, A., & Bartos, S. (2014). Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Science & Education*, 23(2), 285-302.
- McDonald, C. V. (2010). The influence of explicit nature of science and argumentation instruction on preservice primary teachers' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1137-1164.
- Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.
- National Research Council(NRC). (1996). *National science education standards*. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Palmquist, B. C., & Finley, F. N. (1997). Preservice teachers' views of the nature of science during a post-baccalaureate science teaching program. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 34(6), 595-615.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Shapiro, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the "face of science that does not yet know". *Science Education*, 80(5), 535-560.
- Simmons, P. E., Emory, A., Carter, T., Coker, T., Finnegan, B., Crockett, D., ... & Labuda, K. (1999). Beginning teachers: Beliefs and classroom actions. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 36(8), 930-954.
- Zhu, Y., & Tang, A. (2023). An analysis of the nature of science represented in Chinese middle school chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 1-18.