

# 과학자의 연구 사례에 관한 비네트 개발 및 효과 탐색

박재용 · 이기영<sup>†</sup>

## Developing Vignettes on Scientists' Research Cases and Exploring Their Effectiveness

Park, Jaeyong · Lee, Kiyong<sup>†</sup>

### ABSTRACT

The purpose of this study is to develop scientist vignettes and to explore their effects to change students' perceptions of scientists, scientific attitudes, and the nature of science. The scientist vignettes developed in this study include research cases on seven scientists, including British zoologist Jane Goodall. Each vignette consists of 4 to 6 pages in consideration of the reading level of elementary school students, and contains illustrations describing the main contents of the text. In addition, scientist vignettes contain descriptions on terms and text boxes explaining the higher concepts, and each vignette contains questions that students can think deeply based on the story of the scientist. To verify the educational effectiveness of scientist vignettes, we investigated changes in their perceptions of scientists, scientific attitudes, and the nature of science in 564 elementary school students. We conducted group interviews with four elementary school teachers. As a result of conducting pre-test and post-test using a narrative questionnaire consisting of 6 questions, students became more sophisticated in the understanding of the science and the characteristics of scientists after experiencing scientist vignettes and their understanding the nature of science changed into a more modern epistemological perspective. Also, in a group interview with teachers, teachers assessed that scientist vignettes would positively affect the understanding of science process skills and the nature of science, and forming a scientific attitude, especially in increasing understanding of the nature of science. We discussed ways to effectively utilize scientist vignettes in elementary school science education based on these result.

**Key words:** history of science, scientist, scientific attitude, nature of science

## I. 서 론

과학의 역사 즉, 과학사는 자연과학의 변천과 발달, 그리고 그 사회적·문화적 의미를 역사적으로 고찰하는 학문이다(홍지연 등, 2013). 그 정의에서 알 수 있듯이 과학사는 과학적 개념과 방법의 변화, 과학과 사회의 관계 등을 포괄하고 있기에, 그동안 과학교육에 과학사를 활용하고자 하는 노력이 꾸준히 이어져 왔다.

과학사를 과학교육에 포함하여 다루는 것이 언제나 만족할만한 성과를 담보하는 것은 아니다

(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Brush, 1974; Klein, 1972; Reiner *et al.*, 2010; White & Wallace, 1999). 예컨대, Abd-El-Khalick and Lederman (2000)은 과학의 본성을 제시하기 위해 단순히 과학사 소재를 활용하는 것은 학생들로 하여금 과학사를 단순히 과거의 흥미로운 사건이나 이야기 정도로 여기게 하거나, 과학사에 등장하는 역사적 과학 개념을 자연을 이해하기 위해 노력했던 이전 과학자의 사고로 수용하는 것이 아니라, 단지 현재의 과학 개념과 비교하여 잘못된 과학 개념으로 무시하게 할 수 있다는 부정적 영향을 지적하고 있다. 그럼

이 연구는 2020학년도 서울교육대학교 교내 연구비에 의하여 연구되었음.

2021.1.21(접수), 2021.1.25(1심통과), 2021.2.4(2심통과), 2021.2.5(최종통과)

E-mail: leeky@kangwon.ac.kr(이기영)

에도 과학사를 과학교육에 포함하는 까닭은 과학사를 교육적 소재로 활용함으로써 과학의 발달 과정을 역사적으로 고찰하고, 과학의 방법에 대한 인식론적 주장을 이해하며, 과학의 사회적 특성과 과학-기술-사회(STS)의 관계를 종합적으로 고찰하여 과학의 본성을 바르게 이해할 수 있기 때문이다(교육부, 2015). 이때, 과학의 본성은 과학이 삶의 방식 중 하나이며, 과학적 지식과 그 발달에 내재된 가치 및 신념을 의미하는 것으로(Lederman *et al.*, 2002), 과학의 본성에 대한 이해란 과학 지식의 본질적 속성, 과학자들이 수행하는 다양한 과학적 방법과 한계, 과학자의 특성뿐만 아니라, 지식이 발달해 온 역사적 상황과 그 당시의 사회적·문화적 배경과 관계 등을 이해하는 것을 뜻한다(정고은 등, 2015; Lederman, 1992).

지난 수십 년 동안 과학사의 교육적 활용을 다룬 많은 국외 연구들은 대부분 긍정적인 결과를 보고하고 있는데, 다음과 같은 몇 가지 사항으로 그 결과를 요약할 수 있다. 첫째, 오개념을 교정하고 과학적 개념을 잘 이해하도록 촉진한다(Jenson & Finley, 1995; Matthews, 1994; Sequeira & Leite, 1991; Wandersee, 1985). 학생들이 지닌 오개념은 과거 과학자들이 가졌던 개념과 유사한 점이 많으므로 과학 개념의 변천사를 통해 오개념 교정을 위한 효과적 방안을 마련할 수 있으며, 과학사를 활용한 수업은 학생들의 개념 발달을 가져오는 다양한 사례를 제공할 수 있으므로 학생들의 과학에 대한 이해를 도와줄 뿐만 아니라, 개념 발달의 새로운 가능성도 제시해 줄 수 있다. 둘째, 과학적 지식을 얻기까지의 탐구 과정과 방법, 과학적 방법의 다양성에 대한 이해를 증진시킨다(Eliyahu *et al.*, 2020; Lederman & Lederman, 2019; Matthews, 1992). 과학사는 과학 지식이 절대 진리가 아니며, 결과 중심의 지식 전달보다 지식을 얻기까지의 탐구 과정과 방법에 대한 중요성을 학생에게 제공해 준다. 또한 다양한 과학적 방법에 대한 이해를 가능하게 하여 학생들의 탐구 능력을 신장시킬 수 있다. 셋째, 학습 동기를 유발하고, 과학의 인본주의적 측면을 강조할 수 있다(Jenkins, 1991; Matthews, 1994; Sequeira & Leite, 1991; Solomon *et al.*, 1992). 과학사를 활용한 교수-학습은 하나의 과학 개념이 탄생하는 과정에 있었던 수많은 시행착오를 흥미롭게 마주 할 수 있는 기회를 제공하므로 과학에 대한 거리감을 좁

히고, 과학을 어려워하는 학생들에게 자신감을 제공하여 학습 동기를 유발할 수 있다. 또, 학생들은 과학사를 활용한 학습을 통해 과학자들의 인간적인 측면, 업적이 이루어지기까지의 다양한 일화를 알게 되어 과학과 과학자에 대한 거리감을 좁힐 수 있으며, 과학의 인본주의적 측면을 강조하는 과학사를 통해 과학교과서와 과학 수업에서 흔히 발견되는 과학주의와 독단주의에 대응(counteract)할 수도 있다. 넷째, 과학의 본성을 이해하고 과학적 소양을 기르는 데 효과적이다(Irwin, 2000; Jenkins, 1991; Lederman & Lederman, 2019; Matthews, 1994; Nouri & McComas, 2019). 과학사 소재를 활용하여 각 시대의 사회·문화적 배경에 따라 과학 지식이 형성되거나 변화할 수 있다는 과학의 본성을 직접 교수하는 적극적인 방법은 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 높이고, 과학적 소양을 기르는 데 도움을 준다. 다섯째, 과학-기술-사회의 관계 그리고 다른 학문과의 관련성을 고찰할 수 있게 한다(Aikenhead & Ryan, 1992; Bybee, 1987; Hodson, 1988; Sequeira & Leite, 1991; Solomon *et al.*, 1992). 과학사는 과학 지식이 시대에 따라 사회나 문화의 영향을 받으며 어떻게 형성되고 변해왔는지 보여줄 수 있으며, 과학사를 활용한 교수-학습은 과학의 발전 과정을 통해 과학기술의 사회적 측면을 바르게 인식시켜 올바른 과학적 태도를 함양하는 데 도움이 된다. 또한 과학사를 활용한 수업은 과학 내의 학문 분야와 과학의 주제뿐만 아니라, 다른 과목의 학문과 연결하여 깊이 있게 생각하도록 해준다.

이렇듯 과학사를 활용한 교육의 가치와 효과가 알려짐에 따라 국내에서도 과학사를 활용한 과학 교육 또는 과학교육에서 과학사의 활용 방안을 모색하는 실증적 연구들이 활발하게 이루어져 왔다. Fig. 1과 Table 1은 NAVER 학술정보를 이용하여 2000년~2019년까지 지난 20년 동안 국내 과학교육 분야에서 한국연구재단 등재(후보)지와 SCOPUS에 등재된 학술논문을 대상으로 분석한 결과로, 학술지는 초등과학교육을 포함하여 총 11종의 학술지에서 54편(과학교육연구지 6편, 교과교육학연구 1편, 대한화학회지 2편, 새물리 2편, 중등교육연구 1편, 초등과학교육 5편, 학습자중심교과연구 4편, 한국과학교육학회지 18편, 한국생물교육학회지 8편, 한국지구과학회지 4편, 현장과학교육 3편)의 논문이 출판되었다. 그 내용을 구체적으로 살펴보면

Fig. 1과 같이 과학사와 과학교육을 다룬 연구가 꾸준히 이루어져 왔음을 알 수 있으며, 1971년 송상용 교수가 우리나라에서는 처음으로 과학교육에 과학사 도입의 필요성을 제기한 이래(양승훈 등, 1996) 비교적 많은 연구가 이루어졌음에도 불구하고, 과학사가 여전히 과학교육 연구자들의 관심 영역에 들어 있는 것을 알 수 있다.

Table 1은 총 54편의 논문을 연구대상, 연구 내용, 연구 목적, 개발한 자료가 속한 영역, 개발한 자료의 유형, 개발한 자료를 제시하는 방법에 따라 분류한 것으로, 지난 20년 동안 초등학교보다는 중학생과 고등학생을 대상으로 한 연구가 많았으며, 교과서 내용 분석이나 과학사 활용 방안을 다룬 연구보다 과학사를 활용한 교수-학습 자료를 개발하여 그 효과를 실증적으로 확인한 연구가 많았다. 또한, 과학사를 활용한 교육이 학생들의 개념 변화, 과학 탐구 능력, 과학의 본성, 학업성취도, 과학 관련 태도, 과학 진로 등 학생들의 인지적(인식론

적)·기능적·정의적 측면에 미치는 영향을 분석하는 목적으로 연구를 수행하였는데, 그중 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 목적으로 한 연구(29%)가 가장 많았고, 과학 탐구 능력(10%)이나 과학 진로(2%)와의 관련성을 탐색한 연구는 상대적으로 적었다.

이에 더하여 과학사를 활용한 교육은 다양한 방식으로 이루어져 왔는데, 문제기반학습(이종혁과 백종호, 2019), 창의적 문제 해결 모형(김석기 등, 2015; 동효관 등, 2002; 이주현 등, 2011; 주희영 등, 2005), 과학 윤리 수업 모형(신동희와 신하운, 2012), 자유 탐구(정지연과 노석구, 2017), 학문 간 통합을 포함한 융복합교육(박상우 등, 2016; 신동희와 강혜진, 2011; 조현국, 2014)과의 접목을 시도하거나, 소집단 토론 수업(강석진 등, 2004), 스토리텔링(권명순과 김선영, 2014), 역할 놀이(김도욱, 2012; 김도욱, 2015), 롤플레이게임(심은지 등, 2019)을 활용하여 교육하는 방안 등이 제시되었다.

과학사를 활용한 교수-학습 자료는 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주, 그리고 이들 영역을 아우른 통합 영역을 중심으로 개발되었으며(92%), 과학적 탐구와 과학사를 직접 다룬 자료는 각각 6%와 2%로 차지하는 비중이 적었다. 또한, 교수-학습 자료의 유형은 과학사적 사실과 개념 및 이론의 변천 과정을 다룬 연구가 주를 이루었으며(75%), 전기적 일화, 과학자의 연구 내용, 과학적 논쟁을 다룬 자료는 상대적으로 적었다(25%). 이때, 교수-자료의 대부분은 명시적(이기영과 안희수, 1999)으로, 즉 과학사의 역사적 내용을 직접적으로 수업에 사용하도록 개발되었다.

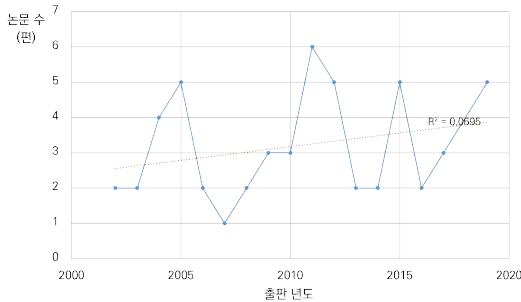


Fig. 1. Number of papers dealing with the history of science by year.

Table 1. Literature review on the history of science

( ) 안의 숫자는 백분율을 뜻함.

연구대상*				연구 내용				연구 목적*					
초	중	고	대학	교수-학습 자료 개발	교과서 내용 분석	활용(응용) 방안	개념 변화	과학탐구 능력	과학의 본성	학업 성취도	과학 관련 태도	과학 진로	
13	18	25	5	29	12	13	12	6	17	9	12	2	
(21)	(30)	(41)	(8)	(54)	(22)	(24)	(21)	(10)	(29)	(16)	(21)	(3)	
자료 영역*				자료 유형				자료 제시 방법					
운동과 에너지	물질	생명	지구와 우주	영역 통합	탐구	과학사	전기적 일화	과학자의 연구 내용	과학사적 사실	개념/이론의 변천 과정	과학적 논쟁	명시적	묵시적
3	10	17	9	7	3	1	2	3	10	17	4	27	2
(6)	(20)	(34)	(18)	(14)	(6)	(2)	(6)	(8)	(28)	(47)	(11)	(93)	(7)

\* 연구대상, 연구 목적, 자료 영역에서 하위 요소가 중복될 경우, 이를 독립적으로 계산하였음.

지난 20년 동안 국내 과학교육 분야에서 이루어진 과학사 관련 선행연구의 결과를 정리하면, 연구대상, 자료 영역, 자료 유형, 교수-학습 방식에 상관없이 과학사를 활용한 과학교육이 학생들의 개념 변화, 과학 탐구 능력 신장, 과학의 본성에 대한 이해, 학업성취도 향상, 과학 관련 태도 형성 등에 효과적이었다는 것을 알 수 있다. 반면에, 과학사를 활용한 교수-학습 자료의 경우, 초등학생들을 대상으로 한 자료가 적었고, 모두 과학 수업 시간에 활용하는 것일 뿐 학생들이 자기 주도적으로 학습할 수 있는 자료는 없었다. 또, 과학사 자료에는 과학 개념이 형성되는 탐구 방법 및 과정이 담겨야 하고, 과학자의 탐구 과정을 살펴봄으로써 탐구의 과정을 이해하는 데 활용해야 한다는 국내 과학교육 및 과학사 전문가들의 의견을 온전히 담고 있지 못했다. 이봉우와 신동희(2011)는 과학사 활용 과학교육에 대한 전문가 의견을 조사하는 과정에서 국내 과학교육 및 과학사 전문가들을 대상으로 과학사 활용 교육에 대한 광범위한 의견을 수렴한 바 있다.

한편, 지난 20년 동안 국내에서 이루어진 선행연구는 과학사 도입의 필요성과 함께 학교 현장에서 과학사를 활용한 과학교육이 제대로 이루어지고 있지 못함을 지적하며, 그 원인으로 교과서 체제에 기인한 과학사 자료 제시의 한계(김민지와 서혜애, 2012; 박세기 등, 2011), 지식의 전수를 강조하는 수업(강석진 등, 2004; 김경순 등, 2008; 문만용, 2009), 과학사 관련 학습 자료 부족(강유미와 신영준, 2011; 김민지와 서혜애, 2012; 이봉우와 신동희, 2011), 과학 교사의 과학사 활용 지도 방법과 과학사에 대한 전문 지식 부족(이봉우와 신동희, 2011) 등 여러 요인이 복합적으로 작용하기 때문으로 진단하고 있었다.

국내 과학교육학자와 과학사학자들은 과학자의 과학 활동이나 과학 지식의 형성 과정 등을 주제로 과학사 자료를 개발하고, 이를 과학의 본성을 이해하는 자료로 활용하는 방안이 효과적이라는 의견

을 제시하고 있다. 또한 연구자들은 현재 교과서에 제시된 형태의 과학사는 읽기 자료 이상의 역할을 하지 못하고 있음을 지적하며, 과학자의 과학 활동과 과학 지식의 형성 과정이 과학 개념과 유기적으로 연계될 수 있는 자료의 개발을 제안하고 있다(이봉우와 신동희, 2011).

선행연구에서 도출한 시사점과 국내 전문가들의 견해를 종합하면, 과학자를 중심으로 과학의 탐구 과정과 과학의 본성을 다루고, 정규 수업에만 의존하기보다 학생들 스스로 과학사를 활용한 학습을 경험하고, 단순한 읽기 자료를 넘어 과학자의 태도, 탐구 과정, 인지적 활동을 경험할 수 있는 새로운 형태의 자료 개발을 시도할 필요가 있음을 시사한다. 또한, 이때 개발하는 자료는 초등학생의 인지적 발달과 경험 수준, 교육과정의 내용에 비추어 볼 때, 중등학교에서 주로 다루는 개념과 이론의 변천 과정이나 과학적 논쟁을 주제로 삼기보다 과학자 이야기 자체에 초점을 맞출 필요가 있으며, 학생들이 부담 없이 읽을 수 있도록 학생들의 읽기 수준에 적합하게 분량을 구성할 필요가 있다.

이에 이 연구에서는 초등학교 고학년 학생들이 자기 주도적으로 학습하기에 적합한 과학자의 연구 사례를 선정하고, 과학자의 탐구 과정과 과학적 태도, 과학의 본성을 담은 자료를 비네트(vignettes, 과학자의 연구 사례를 간략하게 묘사한 짧은 글)의 형태로 개발하고자 한다. 또한, 과학자, 과학적 태도, 과학의 본성에 관한 학생들의 인식 변화와 교사들의 평가를 통해 개발한 과학자 비네트<sup>1)</sup>의 효과를 살펴보고자 한다.

## II. 연구 방법 및 내용

### 1. 연구 절차

이 연구에서는 초등학교 과학과 교육과정 분석 및 과학사를 다룬 국내 선행연구 결과를 바탕으로 초등학교 고학년 학생들이 자기 주도적으로 학습

1) 국립국어원에서 운영 중인 '우리말샘'에서는 비네트(vignette)의 의미를 '특정 인물이나 사건에 대해 간단하게 묘사하는 짧은 글'로 정의하며, 규범 표기가 미확정 상태라고 밝히고 있다. 한편, Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus와 Collins Cobuild Advanced Learner's English Dictionary에서는 vignette를 각각 'a short piece of writing, music, acting, etc. that clearly expresses the typical characteristics of something or someone.', 'a short description, picture, or piece of acting which expresses very clearly and neatly the typical characteristics of the thing that it represents.'와 같이 정의하고 있다. 우리말샘과 영영사전에 수록된 비네트의 의미를 종합해 볼 때, 비네트는 어떤 사물이나 사건, 또는 누군가의 전형적인 특징을 명확하게 표현하는 짧은 묘사, 음악, 연기 등이라고 할 수 있다. 이 연구에서는 '과학자 비네트'를 '과학자의 연구 사례와 특징, 상황 등을 보여주는 비교적 짧은 글'의 의미로 사용하였다.

하기에 적합한 과학자의 연구 사례를 선정하였고, 관련 도서 및 출처가 명확한 인터넷 자료들을 토대로 과학사적 사실에 관한 교차 확인 과정을 거쳐 총 7명의 과학자에 대한 비네트를 개발하였다. 이때, 7명의 과학자 비네트는 비교적 많은 과학자의 연구 사례를 다룬 비네트를 본격적으로 개발하기에 앞서 시험적으로 개발한 것이다. 과학자 비네트가 과학자, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 학생들의 인식 변화에 미치는 효과를 확인하기 위해 총 6문항으로 구성된 개방형의 서술식 질문지를 개발하여 총 593명의 초등학생을 대상으로 사전 검사와 사후 검사를 시행하였고, 키워드(keywords) 중심의 요약적 내용 분석(summative content analysis)을 통해 학생들의 인식 변화 정도를 살펴보았다. 또한, 과학자 비네트의 교육적 효과 및 개선사항에 관한 자료 수집을 위하여 초등학교 교사 4명과 집단 면접(group interview)을 진행하였다. Fig. 2는 이 연구의 절차를 간략하게 나타낸 것이다.

## 2. 과학자 비네트 개발

이 연구에서 개발한 과학자 비네트는 영국의 동물학자인 제인 구달(Valerie Jane Goodall)을 비롯하여 총 7명의 과학자에 관한 사례를 다루고 있으며, 각각의 과학자는 과학과 교육과정의 내용 영역 구분을 고려하여 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주 영역에서 비교적 고르게 선정하였다. 각각의 과학자 비네트는 글과 함께 본문의 주요 내용을 묘사하는 삽화가 제공되며, 초등학생들이 읽고 이해

하기에 적합하도록 4쪽~6쪽 분량으로 구성되어 있다. 또, 비네트마다 학생들이 본문의 내용을 꼼꼼하게 읽어 보았는지 확인하는 질문과 과학자에 관한 이야기를 토대로 학생들이 깊이 있게 사고할 수 있는 질문들이 포함되어 있다.

과학자 비네트의 개발 과정은 먼저 초등학생들이 비교적 어렵지 않게 학습할 수 있는 탐구 내용을 다룬 과학자를 선정 한 후, Table 2와 같이 출처가 분명한 자료를 이용하여 과학자의 탐구를 중심으로 본문의 개요를 정리하고, 과학자의 탐구 수행과 관련된 태도 요소를 추출하였다. 과학적 태도의 하위 요소는 연구자에 따라 조금씩 다르게 제시되지만(장명덕, 2014), 여기에서는 2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 요소들을 중심으로 사용하였다. 이때, 흥미, 호기심, 의문은 호기심으로 통칭하였고, 의지와 집념을 포괄하는 열정과 끈끈함을 과학적 태도에 추가하였다. 또한, 과학자의 탐구 내용 및 과정과 관련된 과학의 본성도 미리 추출하였다. 이때, 과학의 본성을 이루는 요소는 Lederman (2007)이 제안한 과학 지식의 본성(nature of scientific knowledge, NOSK)을 구성하는 7가지 내용 요소와 과학적 탐구의 현대적 관점에 기초하였으며, 이들은 관찰과 추론의 차이, 법칙과 이론의 차이, 과학 지식의 경험적 특성, 상상력과 창의적 산물로서의 과학 지식, 과학 지식의 이론 의존성, 과학 지식과 사회·문화와의 관련성, 과학 지식의 잠정성, 과학적 방법의 다양성 등으로 요약된다(Lederman et al., 2013). 이들 요소는 과학의 본성에 대한 이해를 증

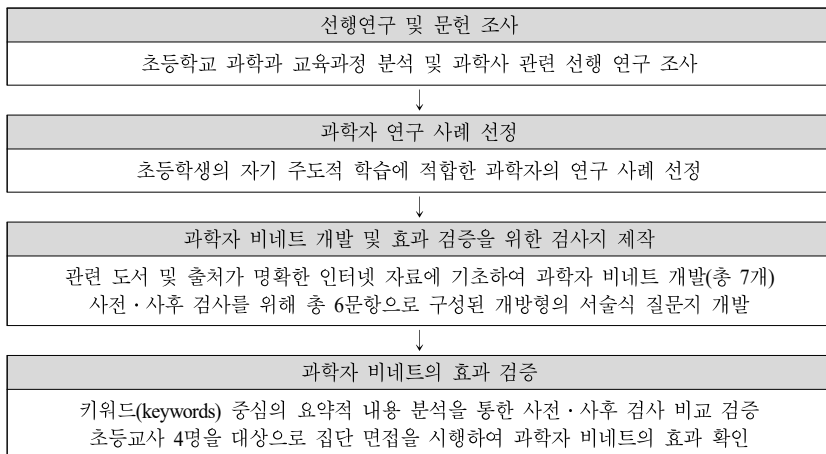


Fig. 2. Research procedure.

Table 2. Overview of scientist vignettes

과학자	본문 개요	쪽수	과학적 태도	과학의 본성
제인 구달 (Goodall, V.J., 1934~)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제인 구달이 어린 시절에 품었던 꿈과 야생 침팬지를 연구하게 된 배경</li> <li>· 침팬지의 활동을 관찰하기 위해 그녀가 취한 방법과 침팬지 연구를 통해 알아낸 과학적 사실</li> <li>· 제인 구달이 알아낸 과학적 사실의 의미</li> </ul>	5	호기심, 열정, 증거의 존중, 꼼꼼함, 정직성	과학 지식의 경험적 특성
	<p>(참고 자료)</p> <p>Goodall, V.J.(2001). Chimpanzees I Love: Saving Their World And Ours. New York: Scholastic Pres. 제인 구달의 내가 사랑한 침팬지(제인 구달 지음, 햇살과 나무꾼 옮김, 두레아이들, 2013)</p> <p>Goodall, V.J.(2010). Jane Goodall: 50 Years at Gombe. NY: Stewart, Tabori and Chang. 제인 구달 침팬지와 함께한 50년(제인 구달, 제인 구달 연구소 지음, 김진옥 옮김, 궁리, 2014)</p>			
루이 파스퇴르 (Pasteur, L., 1822~1895)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 파스퇴르가 닭 콜레라 감염병을 연구하게 된 배경</li> <li>· 파스퇴르의 닭 콜레라 치료법 연구 과정과 우연한 발견</li> <li>· 가설 설정 및 가설을 검증하기 위한 실험 과정</li> <li>· 실험 결과를 통한 가설의 입증 및 결론 도출</li> </ul>	5	꼼꼼함, 증거의 존중, 객관성, 개방성	과학 지식의 경험적 특성, 상상력과 창의적 산물로서의 과학 지식
	<p>(참고 자료)</p> <p>Dubos, R.(1998). Pasteur and Modern Science. Washington, DC: ASM Press. 파스퇴르(르네 뒤보 지음, 이재열, 김사연 옮김, 사이언스북스, 2006)</p> <p>Robbins, L.E.(2001). Louis Pasteur: And the Hidden World of Microbes. Oxford: Oxford University Press. 미생물의 발견과 파스퇴르(루이즈 E. 로빈스 지음, 이승숙 옮김, 바다출판사, 2003)</p> <p>교과서 속 통합 탐구(이대형 지음, 한울림어린이, 2012)</p> <p>인물세계사(장석봉 지음, 2009).</p> <p><a href="https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3567204&amp;cid=59014&amp;categoryId=59014">https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3567204&amp;cid=59014&amp;categoryId=59014</a>(최종검색일: 2020.09.10.)</p>			
갈릴레오 갈릴레이 (Galilei, G., 1564~1642)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 우연히 사원에서 바람에 흔들리는 램프를 관찰한 갈릴레이</li> <li>· 자신의 예상이 맞는지 확인하기 위한 실험 계획 수립</li> <li>· 변인을 통제하며 실험하는 과정과 반복 실험</li> <li>· 자료 변환 및 해석을 통한 결론 도출</li> </ul>	5	호기심, 증거의 존중, 객관성, 판단 유보, 꼼꼼함, 정직성	과학 지식의 경험적 특성
	<p>(참고 자료)</p> <p>갈릴레오 갈릴레이(박용기 지음, 주니어랜덤, 2006)</p> <p>초등학교 과학 4-2(교육과학기술부, 2010)</p> <p>한 권으로 보는 인물과학사: 코페르니쿠스에서 왓슨까지(송성수 지음, 북스힐, 2012)</p>			
아이작 뉴턴 (Newton, I., 1642~1727)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 빛에 관한 뉴턴의 관심</li> <li>· 빛에 관한 기존 이론에 대한 의문</li> <li>· 다른 과학자들의 실험을 응용한 실험 장치 고안</li> <li>· 뉴턴의 결정적 실험과 의의</li> </ul>	5	호기심, 열정, 합리성, 비판성, 증거의 존중	관찰과 추론의 차이, 과학 지식의 경험적 특성 · 이론 의존성 · 잠정성
	<p>(참고 자료)</p> <p>Newton, I.(2011). Opticks: Or, A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections, and Colors of Light. Digireads.com. 아이작 뉴턴의 광학(아이작 뉴턴 지음, 차동우 옮김, 한국문화사, 2010)</p> <p>고운 빛은 어디에서 왔을까(김태호, 주간경향 1254호, 2017.12.05.)</p> <p>역사를 바꾼 실험-뉴턴의 프리즘 실험(주일우, 2005). <a href="https://blog.naver.com/pilest/100016288432">https://blog.naver.com/pilest/100016288432</a>(최종검색일: 2020.09.24.)</p>			
아르키메데스 (Archimedes, BC 287?~BC 212)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 순금으로 만든 왕관인지 확인해야 하는 상황</li> <li>· 밀도를 이용하여 왕관이 순금으로 만든 것인지 확인하지 못한 까닭</li> <li>· 욕조에서 갑자기 떠오른 생각(유레카!)</li> <li>· 자신의 예상이 맞는지 확인하는 실험</li> <li>· 실험 결과를 토대로 순금 왕관의 진위 여부 확인</li> </ul>	4	열정, 증거의 존중	과학 지식의 경험적 특성, 상상력과 창의적 산물로서의 과학 지식
	<p>(참고 자료)</p> <p>만화로 보는 교과서 속의 과학인물 48(주재홍 지음, 청솔, 2000)</p> <p>아르키메데스가 들려주는 부력 이야기(송은영 지음, 자음과모음, 2010)</p>			

Table 2. Continued

과학자	본문 개요	쪽수	과학적 태도	과학의 본성
조지프 프리스틀리 (Priestley, J., 1733~1804)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 성직자로서 자연과학을 공부했던 프리스틀리</li> <li>· 과학사에서 프리스틀리의 업적</li> <li>· 커다란 볼록렌즈를 이용한 물질의 연소 실험</li> <li>· 탈플로지스톤 공기(산소)의 발견</li> <li>· 산소의 분리에 성공한 라부아지에</li> <li>· 산소 발견의 의의</li> </ul>	6	열정, 증거의 존중, 비판성, 객관성, 개방성, 협력	과학 지식의 경험적 특성· 이론 의존성· 잠정성, 상상력과 창의적 산물로서의 과학 지식
	(참고 자료) 프리스틀리, 과학을 위해 살고 과학을 위해 죽다(이종호 지음, KISTI의 과학향기 칼럼, 2014.04.09.) 조지프 프리스틀리(휘참, 2009). <a href="https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=braveattack&amp;logNo=10040101870&amp;proxyReferer=https:%2F%2Fwww.google.com%2F">https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=braveattack&amp;logNo=10040101870&amp;proxyReferer=https:%2F%2Fwww.google.com%2F</a>			
제임스 허턴 (Hutton, J., 1726~1797)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 젊은 지구에 대한 사람들의 믿음</li> <li>· 동일과정설을 주장하는 허턴과 이에 대한 논란</li> <li>· 자신의 주장을 입증할 증거 수집</li> <li>· 시카 포인트에서 자신의 주장을 입증하는 증거 발견</li> </ul>	5	열정, 합리성, 증거의 존중, 비판성	과학 지식의 경험적 특성· 잠정성, 상상력과 창의적 산물로서의 과학 지식
	(참고 자료) Repcheck, J. (2003). <i>The Man Who Found Time: James Hutton And The Discovery Of Earth's Antiquity</i> . PA: Perseus Publishing. 시간을 발견한 사람(잭 렵체크 지음, 강운재 옮김, 사람과 책, 2004) 고등학교 과학사 및 과학철학(홍지연 등 지음, 서울특별시교육청, 2013)			

진하기 위한 교육프로그램을 개발할 때 자주 이용되고 있다(Chang, Chang, & Tseng, 2010).

이처럼 과학자의 탐구 개요를 정리하고 과학적 태도와 과학의 본성에 관한 요소를 추출한 후에는 본문에 포함될 각 질문을 작성하였다. 이때, 과학적 탐구와 과학의 본성에 관한 내용을 암묵적(implicit)으로 제시하여 학생들이 자연스럽게 발견하도록 하는 방식은 학생들의 인식 변화에 영향을 거의 미치지 않는다는 선행연구 결과(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Bell, 2003; Lederman & Lederman, 2019; Schwartz & Lederman, 2002)를 참고하여, 각 질문이 학생들이 해야 할 것을 명시적(explicit)으로 지시하는 기능을 수행하도록 하였다.

과학자 비네트에 포함될 여러 요소를 정리한 다음, 이들 요소에 기초하여 연구자 1인이 과학자 비네트의 초고를 작성하였고, 또 다른 연구자는 초별로 쓴 글에 과학사적 오류가 없는지 확인하고 윤문하여 디자인업체에 편집을 의뢰하였다. 이러한 과정을 거쳐 완성된 과학자 비네트의 최종 모습은 Fig. 3과 같다.

### 3. 연구대상 및 측정 도구

과학자 비네트가 초등학생들의 과학자, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 인식 변화에 미치는 효

과를 확인하기 위하여 2021학년도 OO교육대학교 과학영재교육원 입학에 위해 6주 동안의 온라인 과정에 참여했던 4학년~5학년 학생 593명을 연구대상으로 하였고, 이들에게 과학자 비네트를 투입하기 전과 후에 Table 3과 같이 총 6문항으로 구성된 개방형의 서술식 질문지를 제작하여 사전 검사와 사후 검사를 시행하였다. 이때, 연구 대상인 학생들은 모두 같은 내용의 온라인 교육을 수강해야 하는 학생들이었으므로 실험 조건을 통제하지 못하는 문제가 있었다. 이에 이 연구에서는 준실험설계(quasi-experimental design)의 한 유형인 단일집단 전후검사 설계(one-group pretest-posttest design) 방식을 적용하였다. 이와 같은 설계 방식은 실험의 기본 조건을 만족시키지 못한다는 문제에도 불구하고, 독립변인의 효과가 클 것으로 예상되는 경우 비교적 안전하게 적용할 수 있는 설계 방식이다(이종승, 2009).

한편, ‘과학자 비네트의 교육적 효과 및 개선사항’에 관한 심층적인 자료 수집을 위하여 OO교육대학교 교육전문대학원에 재학 중인 초등학교 교사 4명과 집단 면접을 하였다. 이들 교사는 5년~8년의 교육 경력을 지니고 있으며, 대학원 과정에서 과학과 교수-학습 자료 개발을 위해 최소 한 학기 이상 과학의 본성과 과학의 구성 요소(과학 관련





Fig. 3. Example of a scientist vignette (Jane Goodall, total 6 pages including cover page).

Table 3. Pre- and post-survey questionnaires to check the effectiveness of scientist vignettes

번호	항목	설문 문항
1	과학자에 대한 인식	여러분이 생각하는 과학자는 어떤 사람인가요?
2	과학적 태도	과학자가 갖추어야 할 태도에는 어떤 것들이 있을까요? 그렇게 생각한 까닭을 함께 적어 주세요.
3	과학적 사고	과학적으로 생각한다는 것은 무슨 의미일까요?
4	과학 지식의 생성 과정	과학에서 지식은 어떻게 만들어지는 것일까요?
5	과학 지식의 잠정성	과학 지식은 확실한 것일까요? 그렇게 생각한 까닭을 함께 적어 주세요.
6	다양한 과학적 방법	과학에는 정해진 연구 과정이 있을까요? 그렇게 생각한 까닭을 함께 적어 주세요.



태도, 과학 탐구 기능, 과학 지식) 등에 대해 체계적으로 학습한 경험이 있다.

#### 4. 자료 수집 및 분석

초등학생들을 대상으로 한 사전·사후 검사는 학생들이 과학자 비네트를 경험하기 전과 후에 각각 2주의 간격을 두고 실시하였으며, 학생들이 작성한 설문지를 구글 클래스룸(Google Classroom)에 업로드하는 방식을 이용하여 593명의 자료를 수집하였다. 자료 수집 후, 내용 분석(content analysis)의 유형 중 키워드를 중심으로 내용을 분석하는 방법인 요약적 내용 분석의 원리를 원용하여 학생들의 응답 내용을 분석하였고, 학생이 응답한 내용에 포함된 키워드의 양과 질, 문맥의 구체성과 논리적 수준을 종합하여 학생들의 인식 변화 정도를 확인하였다. 이때, 무응답(non-response)과 무성의한 응답(insincere response) 등 부적합 반응을 보인 학생들의 질문지 29개가 분석 대상에서 제외됨에 따라 총 564명의 응답 자료를 최종 분석 대상으로 사용하였다.

최종 분석 대상인 학생들의 사전·사후 자료를 대상으로 두 명의 과학교육 연구자가 채점자가 되어 개별적으로 채점한 후, Table 4와 같이 각각의 채점 자료를 모아 채점자 간 일치도(inter-rater agreement rates)를 확인하였다. 연구자들의 채점 결과, 채점자 간 불일치를 보인 문항에 대해서는 채점자 간 조정 과정을 거쳐 학생들의 인식 변화 정도를 최종적으로 결정하였다. Table 4에서 과학자에 대한 인식과 과학적 태도에 관한 항목은 다른 항목들에 비해 개별 채점 결과의 일치율이 비교적 낮게 나타났는데, 이는 조정 과정에서 있었던 연구자들의 논의에 비추어 볼 때 과학자 및 과학적 태도에

관한 학생들의 응답 내용이 다른 항목들에 비해 다양하였고, 추상적으로 기술한 내용도 더 많았기 때문으로 판단된다.

학생들의 인식 변화 정도를 조정·정리한 후에는 SPSS 18.0 프로그램을 사용하여 비모수 통계(non-parametric statistics) 분석 방법의 하나인 Wilcoxon 부호 순위 검정(Wilcoxon signed ranks test)을 실시하였다. 부호 검정(sign test)은 모수 통계 분석의 전후 비교 검증(paired samples t-test)에 대응하는 비모수 통계 분석 방법이다. 부호 검정에서는 두 변인의 값을 비교하여 차이의 방향(부호)만을 고려하지만, Wilcoxon 부호 순위 검정에서는 그 크기도 고려하여 두 변인 간의 차이를 검정하는 방법이다(김현철, 2008; Wilcoxon, 1945).

한편, 과학자 비네트의 교육적 효과 및 개선사항을 조사하기 위하여 연구 참여 교사를 대상으로 시행한 집단 면접은 다음과 같은 일련의 과정으로 자료 수집과 분석이 이루어졌다. 먼저 집단 면접을 시행하기 일주일 전에 각 교사에게 7편의 과학자 비네트를 이메일로 전달하였고, 과학자 비네트가 과학 학습에 미치는 효과를 과학 탐구, 과학의 본성, 과학 관련 태도 등 여러 측면에서 살펴볼 것과 과학자 비네트의 개선할 점에 대한 의견도 요청하였다. 이후, 면접을 위한 별도의 질문지 없이 4명의 교사와 면접자가 줌(Zoom) 회의를 이용하여 약 40분 동안 자신의 의견을 기탄없이 이야기하는 형태로 진행하였으며, 이때 줌의 ‘기록’ 버튼을 이용하여 면접의 모든 장면을 녹화하였고, 교사들이 응답한 내용을 전사하여 자료 분석에 이용하였다. 자료를 분석하는 과정에서 교사들의 응답 내용을 크게 과학자 비네트의 효과 측면과 개선사항의 두 범주로 구분하였고, 과학자 비네트의 효과는 교사가 강

Table 4. Inter-rater agreement rates before adjustment (total number of questions, N=564)

번호	항목	일치 문항 수	불일치 문항 수	일치율(%)
1	과학자에 대한 인식	493	71	87.4
2	과학적 태도	498	66	88.3
3	과학적 사고	532	32	94.3
4	과학 지식의 생성 과정	527	37	93.4
5	과학 지식의 잠정성	556	8	98.6
6	다양한 과학적 방법	547	17	97.0
	평균	525.5	38.5	93.2

조한 학습 효과와 그 세부 요소를 확인하는 방식으로, 개선사항은 교사들이 제시한 내용을 나열한 후 공통점을 확인하는 방식으로 진행하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 과학자 비네트를 경험한 학생들의 인식 변화

Table 5는 초등학생들이 2주 동안 과학자 비네트

를 경험하기 전과 후에 보인 응답의 변화를 예시한 것이다. 이때, 사전 검사보다 사후 검사에서 그 수준이 향상된 경우는 ‘상향’으로, 사전 검사와 사후 검사의 수준에 변화가 없는 경우는 ‘중립’으로, 사전 검사보다 사후 검사에서 그 수준이 낮아진 경우는 ‘하향’으로 구분하였다.

사전·사후 검사에 나타난 학생들의 인식을 비교해 보면, 전반적으로 ‘상향’의 경우 학생들이 과학자 비네트를 경험하기 전보다 각 항목의 내용을

Table 5. Examples of changes in students' responses to pre- and post-survey

설문 문항	수준 변화	학생 응답 예시
1	상향	(처음 생각) 과학자는 시대를 앞질러 가서 우리의 문명을 발전시키는 직업을 가진 사람
		(나중 생각) 과학자는 당연한 자연 현상이라도 자세히 관찰하여 그 특징에 대해 의문점을 갖고, 이전 과학자들의 연구를 참고하여 문제에 몰두하여 연구하는 사람이다.
	중립	(처음 생각) 실험을 통해 탐구하고, 새로운 것을 밝혀내어 도움을 주는 사람
		(나중 생각) 일상생활 속의 궁금증이나 문제점을 실험을 통해 해결하거나 해결하기 위해 노력하는 사람이 내가 생각하는 과학자이다.
	하향	(처음 생각) 과학 관련된 분야에 대해 궁금한 점이나 더 알고 싶은 것을 끊임없이 연구하는 사람인 것 같습니다. 그리고 관찰 결과와 실험 결과 등 과학적 근거를 바탕으로 자신이 더 알고 싶은 것이나 궁금증을 해결하는 사람인 것 같습니다.
		(나중 생각) 제가 생각하는 과학자는 자신이 해결해야 하는 것이나 궁금한 것을 과학적으로 연구하는 사람입니다.
2	상향	(처음 생각) 과학자가 갖추어야 하는 태도 중에서 가장 중요한 것은 호기심을 갖는 것이다. 예를 들어 주위에서 일어나는 여러 자연적인 현상들이 왜 일어나고 어떠한 영향을 주는지 호기심을 갖고 있어야 지구의 과학적인 지식을 터득할 수 있을 것이다. 또한, 호기심을 갖는 부분에 대해 꾸준히 연구하고, 포기하지 않는 성실한 태도가 필요하다.
		(나중 생각) 과학자가 갖추어야 하는 태도는 끈기이다. <b>제인 구달이나 제임스 허턴처럼</b> 포기하지 않고 끈기 있게 연구하고 탐구하는 것이 중요하다. 끈기가 없으면 탐구 중간에 포기했을 것이다. 오랜 시간 동안 많은 자료들을 얻지 못했을 것이다. 또한 <b>라부아지에나 허턴처럼</b> 이전 과학자들의 생각이나 믿음에서 벗어나 창의적으로 생각해야 한다. 사실이라고 믿어지고 있는 과학적인 주장에도 항상 의문을 가져야 한다. 왜냐하면 과학은 끊임없이 발전해 나가고 있기에 과거의 지식도 완벽하지 않을 수 있다는 것이다.
	중립	(처음 생각) 과학자가 갖추어야 할 태도는 주위의 현상에 항상 관심과 의문을 가지고 문제를 해결하려고 하는 탐구적인 자세를 가져야 한다. 그리고 문제를 해결할 때는 끈기와 인내를 가져야 하며, 포기하지 않고 도전하는 자세가 필요하다. 또 자신의 이론이 틀릴 수 있음을 인정하는 겸손한 자세도 가져야 한다. 과학의 발전으로 환경이 많이 파괴되고 있으므로 과학자는 환경 문제에 대한 책임감도 있어야 한다.
		(나중 생각) <b>아르키메데스가 ‘부력의 원리’를 발견한 일화를 읽어 보니</b> , 과학자는 주변에서 일어나는 현상들에 항상 관심을 가지고 여러 관점으로 관찰할 수 있어야 한다는 것을 알았다. 또 스스로에게 생긴 질문을 해결하기 위해 끊임없이 탐구하고 노력해야 한다. <b>프리스틀리에 관한 글을 읽어 보니</b> , 기존의 이론이 언제든지 바뀔 수 있음을 인지하여 열린 마음으로 자신의 실험 결과를 해석하는 것도 중요하다는 것을 알았다.
	하향	(처음 생각) 끈기, 진실, 성실, 그 이유는 끈기가 있어야 목표에 다다를 수 있고, 진실해야 인정받고, 성실해야 목표에 쉽게 다다를 수 있기 때문이다.
		(나중 생각) 일상생활 속에서 과학 원리를 찾아내고, 거짓말을 하지 않는다. 일상생활 속에서도 엄청난 과학 원리를 찾을 수 있고, 원래 거짓말을 하면 안 되기 때문이다.

Table 5. Continued

설문 문항	수준 변화	학생 응답 예시
3	상향	(처음 생각) 논리적으로 증명하며 누가 봐도 납득이 되게 설명하며, 생각을 만들어 간다는 것이다.
		(나중 생각) 항상 관심을 가지고 자연 현상을 바라보고, 새로운 사실을 알아냈을 때 모두가 납득할 수 있게 증명하기 위해 새로운 시도와 다양한 생각을 하는 것이다.
	중립	(처음 생각) “어떤 원리로 이 현상이 나타날까?”, “왜 그럴까?” 등처럼 원리와 이유에 대해 궁금증을 가지고 논리적으로 생각하는 것을 의미한다.
		(나중 생각) 어떤 현상의 원리에 대한 원인과 이유에 대해 궁금증을 가지고 논리적으로 생각하는 것을 의미한다. 논리적으로 차근차근 생각하고 냉정하게 판단하는 것이다.
	하향	(처음 생각) 논리적으로 말이 되게끔 추측이 아닌 정확한 방식과 사실과 정보로 생각하는 것
		(나중 생각) 고정 관념을 깨고 생각의 틀을 더 넓히는 것
4	상향	(처음 생각) 자연적인 어떤 현상을 보고 왜 그런지 알고 싶어진다. 그 의문점을 시작으로 다양한 실험을 하고 결과를 도출한다. 원래 알고 있던 지식과 비교하고 결과를 발전시켜서 새로운 과학 지식을 만드는 것이다.
		(나중 생각) 어떤 현상을 관찰하고 그에 대한 호기심이 생긴다. 왜 그런 현상이 생기는지 질문을 해보고, 자신이 원래 알고 있던 과학 지식을 바탕으로 해답을 예상해 본다. 실험과 관찰을 통해 결과를 도출하고, 이 예상이 맞는지 확인해 본다. 실험을 여러 번 반복하면서 기존의 과학 지식이 틀렸는지 확인해 볼 수도 있고 새로운 과학 지식을 얻을 수도 있다.
	중립	(처음 생각) 과학적 지식은 여러 번 계속되는 실험 과정을 통해 얻어낸 결론이다. 과학자가 어떠한 주제에 대해 궁금증을 갖고, 그 생각을 실험을 통해 계산하거나 측정해 비교를 하고, 객관적으로 결론을 내어 확인하고 검토하여 과학 지식이 만들어진다.
		(나중 생각) 어떠한 것에 대해 호기심을 가지고 의문이 생기면, 자신이 가설을 정하며 그 가설을 증명하기 위해 실험을 하고, 실험 결과를 측정하고 비교하여 자신의 가설이 맞는지 잘못되었는지를 알아보는 과정에서 과학 지식이 만들어진다.
	하향	(처음 생각) 실험과 관찰을 통해서 지식이 만들어집니다.
		(나중 생각) 과학에서 지식은 추측과 이론을 통해 만들어진다는 것이 제 생각입니다.
5	상향	(처음 생각) 과학 지식은 직접 해보거나 확인해 본 것이라 확실하다.
		(나중 생각) 확실하지 않다. 왜냐하면 뉴턴, 프리스틀리, 제임스 허턴과 같은 과학자들처럼 새로운 사실이 발견되거나 새로운 실험 결과가 발표되면 그 지식이 달라지기 때문이다.
	중립	(처음 생각) 확실하다고 볼 수 없다. 왜냐하면 과학 지식은 때에 따라 바뀌는 것이기 때문이다. 명왕성을 행성이라고 했다가, 2006년 ‘국제천문연맹’에서 행성이 아니라고 발표한 것을 보면 알 수 있다.
		(나중 생각) 과학 지식은 항상 확실하다고 할 수 없다. 왜냐하면 과학 지식은 과학의 발전에 따라 연구 결과를 설명하는 수준이 달라지기 때문이다. 예를 들어, 프리스틀리는 “탈플로지스톤 공기”라고 했고, 라부아지에를 이를 새로운 기체인 “산소”라고 불렀다.
	하향	(처음 생각) 아닙니다. 왜냐하면 모든 것은 발전하면서 계속 새로운 것이 나타나므로 계속 과학적 지식도 변할 것입니다.
		(나중 생각) 확실합니다. 왜냐하면 확실한 이론을 이용하였고, 여러 번의 실험을 통해 나온 결과물이기 때문입니다.
6	상향	(처음 생각) 실험에는 정해진 단계가 있어서 그 단계를 거쳐야만 안전하고 정확하고 완벽한 실험을 할 수 있고, 완벽한 결과를 얻을 수 있기 때문이다.
		(나중 생각) 허튼을 예로 들면 우연치 않게 실험도 없이 명백한 증거가 되는 것을 찾게 되었는데, 실험이 아니라도 원하던 증거를 찾게 되었다가 정해진 연구 과정이 아니라도 연구 결과와 증거를 찾을 수도 있기 때문에 정해진 연구 과정이 없을 수도 있다고 생각한다.

Table 5. Continued

설문 문항	수준 변화	학생 응답 예시
6	중립	<p>(처음 생각) 과학에서 정해진 연구 과정은 없다고 생각한다. 왜냐하면 가설을 증명하기 위해서는 여러 가지 방법이 있기 때문이다. 방법에 따라 결과가 달라질 수 있지만 다양한 방법을 통해서도 같은 결과가 생기면 가설에 대한 증명의 정확성이 높아진다고 생각하기 때문이다.</p> <p>(나중 생각) 과학에서 정해진 연구 과정은 없다고 생각한다. 예를 들어 <b>제인 구달은 침팬지를 관찰하고</b> 꼼꼼한 기록으로 연구 결과를 가졌고, <b>뉴턴은 가설 없이 기존 과학자들의 결과물을 검증하는 방법으로</b> 연구 과정을 선택했기 때문에. 이처럼 과학에서는 다양한 방법이 존재한다는 생각이 들었다.</p>
	하향	<p>(처음 생각) 과학에는 정해진 연구 과정이 없다고 생각합니다. 그 까닭은 과학자들이 창의성을 발휘하며 연구를 수행하고, 문제상황에서 독창적으로 유용한 아이디어를 창출하여 문제를 해결하기 때문입니다.</p> <p>(나중 생각) 과학에는 정해진 연구 방법이 있습니다. 왜냐하면 ‘자연 현상 관찰→문제 인식→가설 설정→실험 계획→실험→실험 결과 정리→결론 도출’의 과정을 거쳐야 검증이 가능하게 되고, 기준이 되는 과정이 있어야 다른 과학자들도 받아들이기 쉽고 오류를 잡아내기도 쉽기 때문이다.</p>

더 구체적으로 기술했음을 알 수 있으며, 사용한 어휘의 양과 질이 우수할 뿐만 아니라, 문맥의 논리적 연관도 분명해졌음을 확인할 수 있다. 또한, 과학적 태도, 과학지식의 잠정성, 다양한 과학적 방법과 같은 일부 항목의 경우, 7편의 과학자 비네트에 등장하는 과학자의 사례를 예로 들며 각 질문에 대한 자기 생각을 분명하게 표현하는 특징을 보였다. ‘중립’의 경우에는 학생들이 기술한 내용의 수준에 큰 변화가 없었지만, ‘상향’의 경우처럼 과학자 비네트에 등장하는 과학자의 이름이나 그들의 사례를 인용하여 자신의 의견을 표현하고 있다. 이처럼 사후 검사에서 학생들의 진술 내용이 과학자의 태도나 연구 내용을 내포하는 형태로 구체적으로 변화했고, 과학자의 사례를 직접 인용하여 자신의 주장을 전개하고 있는 점은 과학자 비네트가 학생들의 인식 변화에 영향을 미쳤다고 해석할 수 있다.

한편, 상향, 중립, 하향으로 구분한 정성적 분석이 과학자에 대한 인식, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 학생들의 인식 변화를 암시하지만, 그 변화의 크기까지 알려주지는 못한다. 이에 학생들의 인식 변화 정도를 정량적으로 살펴보기 위하여 Table 6과 같이 Wilcoxon 부호 순위 검정을 통해 사전 검사와 사후 검사 결과의 차이를 살펴본 결과, 각 설문 항목마다 29%~47%의 학생들이 긍정적인 변화를 보였다( $p<.01$ ): 과학자에 대한 인식 37%, 과학적 태도 30%, 과학적 사고 29%, 과학 지식의 생성 과정 22%, 과학 지식의 잠정성 40%, 다양한 과학적 방법 47%. 이는 이 연구에 참여한 학생들이

과학자의 연구 사례에 관한 비네트를 경험한 후 과학과 과학자의 특징에 대한 이해가 정교해졌으며, 과학의 본성 중 일부 항목에서 좀 더 현대적인 인식론적 관점(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000)으로의 변화가 일어났음을 뜻한다. 현대 인식론적인 관점에서 과학의 본성은 절대적이고 객관적인 과학 지식과 정해진 절차를 따르는 과학적 방법을 인정하는 것이 아니라, 경험적, 잠정적, 사회·문화적이고 인간의 상상력과 창의성에 기초한 과학 지식을 강조한다. 비록 항목마다 긍정적 인식 변화 정도에 차이가 있지만, 전반적인 경향에 비추어 볼 때 과학자 비네트는 학생들의 과학에 대한 인식, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 이해를 변화시키는 데 효과가 있음을 알 수 있다.

## 2. 과학자 비네트의 교육적 효과에 관한 교사들의 검토 의견

Table 7은 ‘과학자의 연구 사례에 관한 비네트의 교육적 효과 및 개선사항’에 관한 자료 수집을 목적으로 교육전문대학원에 재학 중인 초등학교 교사 4명과 면담한 결과를 정리한 것이다.

4명의 교사는 과학자 비네트의 교육적 효과에 대해 과학자 비네트가 과학 탐구 기능과 과학의 본성에 대한 이해, 과학 관련 태도 형성에 긍정적인 변화를 미칠 것으로 평가하였고, 특히 과학자 비네트가 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는 데 가장 효과적으로 기능할 수 있다는 의견을 제시하였다.

교사들의 의견을 구체적으로 살펴보면 A 교사

**Table 6.** Pre-test and post-test results to check the effectiveness of scientist vignettes (Wilcoxon signed ranks test, N=564)

번호	항목	Postrank-Prerank	N	%	평균 순위	순위 합계	Z <sup>x</sup>	p(2-tailed)
1	과학자에 대한 인식	음의 순위	12 <sup>a</sup>	2	110.0	1,320.0	-13.177	.000
		양의 순위	207 <sup>b</sup>	37	110.0	22,770.0		
		동률	345 <sup>c</sup>	61				
2	과학적 태도	음의 순위	9 <sup>a</sup>	2	89.0	801.0	-11.951	.000
		양의 순위	168 <sup>b</sup>	30	89.0	14,952.0		
		동률	387 <sup>c</sup>	68				
3	과학적 사고	음의 순위	9 <sup>a</sup>	2	86.0	774.0	-11.700	.000
		양의 순위	162 <sup>b</sup>	29	86.0	13,932.0		
		동률	393 <sup>c</sup>	69				
4	과학 지식의 생성 과정	음의 순위	9 <sup>a</sup>	2	68.0	612.0	-10.070	.000
		양의 순위	126 <sup>b</sup>	22	68.0	8,568.0		
		동률	429 <sup>c</sup>	76				
5	과학 지식의 잠정성	음의 순위	15 <sup>a</sup>	3	122.0	1,830.0	-13.664	.000
		양의 순위	228 <sup>b</sup>	40	122.0	27,816.0		
		동률	321 <sup>c</sup>	57				
6	다양한 과학적 방법	음의 순위	12 <sup>a</sup>	2	140.0	1,680.0	-15.266	.000
		양의 순위	267 <sup>b</sup>	47	140.0	37,380.0		
		동률	285 <sup>c</sup>	51				

a: prerank>postrank, b: prerank<postrank, c: prerank=postrank, x: Based on negative ranks.

**Table 7.** Results of interview analysis with teachers on scientist vignettes

교사	자료의 효과			개선할 점
	과학 탐구 기능 이해	과학의 본성에 대한 이해	과학 관련 태도 형성	
A	-*	◎* (경험적, 창의적, 다양한 연구 방법)	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 깊이 있게 생각할 수 있는 질문</li> <li>· 생소한 용어에 대한 충분한 설명</li> </ul>
B	◎ (관찰, 통합 탐구 기능)	◎ (주관적, 잠정적, 창의적)	○*	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 학생들의 창의성을 자극하는 질문</li> <li>· 조사, 추론, 토론 기회 제공</li> </ul>
C	◎ (가설 설정, 변인 통제)	◎ (주관적, 창의적, 다양한 연구 방법)	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 창의적 사고를 촉진하는 발산적 질문</li> <li>· 과학의 본성을 살펴볼 수 있는 안내 자료 제공</li> </ul>
D	○ (가설 설정, 변인 통제)	○ (경험적, 잠정적, 다양한 연구 방법)	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해설 자료(또는 지도용 자료) 포함</li> <li>· 과학 탐구 기능이나 과학의 본성을 학습할 수 있는 안내 자료 제공</li> </ul>

\* 자료의 효과를 판단한 정도: ◎ 매우 효과적, ○ 효과적, - 언급 없음.

는 과학자 비네트가 과학의 본성에 대한 이해와 과학 관련 태도 형성에 매우 효과적인 것으로 판단

하였지만, 과학 탐구 기능 이해와 관련된 언급은 없었다.

(과학의 본성에 대한 이해에 효과적이라는 A 교사의 의견)

“보통 과학자들이 결론을 내리고.. 그러니까 실험을 하고 나서 결론을 내리는 데 허턴 같은 과학자는 이제 생각을 하고.. 그리고 나서 증거를 찾아서 자기의 주장을 뒷받침했다는 내용이잖아요. 그런 부분에 있어서 일반적인 생각을 깨버렸었던 것 같아서 저는 특히 그 내용이 굉장히 좋았어요. 조금 더 이야기하면 우리는 정해진 실험 방법에 따라 실험을 하는데.. 그러니까 어떤 정해진 방법에 따라 실험을 하는 데.. 그게 과학이라고 생각하는 데.. 제인 구달, 갈릴레이, 허턴을 보면 그 방법이 너무 달랐거든요. 과학을 하는 데 정해진 방법이 없었어요. 그걸 아이들에게 알려주는 게 저는 특히 좋았어요.”

B 교사와 C 교사는 모두 과학자 비네트가 과학 탐구 기능과 과학의 본성에 대한 이해에 매우 효과적이고, 과학 관련 태도 형성에도 효과가 있을 것으로 판단하였다. 그러나 두 교사는 세부 의견에서 다소 차이를 보였는데, B 교사는 과학 탐구 기능 중 관찰, 통합 탐구 기능에, 과학의 본성 중 과학 지식의 주관적, 감정적, 창의적 측면에 효과가 있을 것으로 판단하였지만, C 교사는 과학 탐구 기능 중 가설 설정과 변인 통제 기능에 국한하여 효과성을 판단하였고, B 교사가 제시한 과학 지식의 감정성 대신 과학 지식이 다양한 연구 방법을 통해 얻어진다는 것을 이해시키는 데 효과가 있을 것으로 판단하였다. 비록 세부 의견의 차이가 있지만, 큰 틀에서 B 교사와 C 교사 모두 과학자 비네트가 통합 탐구 기능을 이해하는 데 효과가 있다고 평가한 점은 다음 C 교사의 의견처럼 파스퇴르와 갈릴레이의 연구가 큰 영향을 미쳤음을 짐작할 수 있다.

(과학 탐구 기능에 대한 이해에 효과적이라는 C 교사의 의견)

“예를 들어, 파스퇴르와 갈릴레이의 실험에서처럼 과학자의 실험 계획과 가설에 따른 실험 과정이 스토리 형식으로 구체적으로 제시되어 있어서.. 그러니까 학생들이 과학 탐구 기능과 과학적 연구 방법을 익히는 데 효과적이라는 생각이 들었어요. 실제 교실에서 탐구 단원을 수업하다 보면 아이들이 실험활동 자체에 집중하여 탐구 기능을 제대로 다루기 어려웠고, 또 실험을 마친 후에도 실험 내용과 결과에 대해서만 이야기하는 모습을 보았거든요.. 탐구 기능에 대한 것보다는.. 그걸 때마다 아쉬움이 있었지만 수업 시간이 제한되어 있어서 무언가를 추가로 이야기하기는 어려웠어요.”

D 교사는 과학자 비네트가 과학 관련 태도 형성에 가장 효과적이며, 과학 탐구 기능과 과학의 본성에 대한 이해 측면에서도 효과가 있을 것으로 판단하였다. 이때 과학 탐구 기능 측면에서 D 교사는 C 교사의 견해와 마찬가지로 과학자 비네트가 가설 설정과 변인 통제 기능을 향상시키는 데 효과가 있다는 의견을 제시하였다.

(과학 관련 태도 형성에 효과적이라는 D 교사의 의견)

“학생들이 자기 주도적으로 읽을 수 있는 일곱 개의 과학자 이야기를 다루고 있었어요. 그 일곱 개의 자료를 보면.. 애들이 과학자에 대해서 어떤 막연한 느낌을 가지고 있거든요. 그런데 이 자료에서는 과학자의 노력 과정, 과학자의 호기심이라든가 뛰어난 관찰력, 과학에 대한 열정과 끈기와 같은 과학자의 태도를 잘 볼 수 있어서 좋았어요. 그리고 과학자들이 무엇을 어떻게 연구하는 사람들인가를 이해할 수 있을 것 같아요.”

한편, 과학자 비네트의 개선할 점에 대하여 A 교사, B 교사, C 교사는 논리적 추론이나 창의적 사고처럼 과학적 사고력(2015, 교육부)을 함양할 수 있는 질문의 필요성을 제시하였다. 이외에 A 교사는 생소한 용어에 대해 충분히 설명할 필요가 있다는 의견을 제시하였고, B 교사는 과학자 비네트를 수업에서 활용하는 방안을 떠올리며 과학자 비네트의 일부 내용을 가린 후 학생들이 예상, 조사, 추론, 토론 등 일련의 학습 과정을 진행하여 그 내용을 스스로 찾아보는 방안을 제안하였다. 이때, B 교사는 다른 교사들과 달리 과학자 비네트를 자기 주도적 학습 자료보다 수업 자료로 더 강하게 인식하고 있던 점이 특징적이다. C 교사는 과학자 비네트가 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 목적으로 하고 있지만, 본문에 그와 관련된 내용이 직접적으로 제시되어 있지 않다는 점을 지적하며, 학업성취도가 낮은 학생들도 과학의 본성을 직접 이해할 수 있도록 관련 내용을 추가하는 안을 제시하였다. 이와 관련된 교사들의 의견 중 일부를 인용하면 다음과 같다.

(A 교사) “깊이 있게 생각할 수 있는 질문이 필요하다고 생각해요. 내용을 확인하는 질문도 좋지만, 과학적인 사고를 위해서는.. 그런 걸 키우기 위해서는 보다 깊이 생각할 수 있는 질문이 추가되면 좋겠어요. 그리고 용어에 대해 충분한 설명이 필요하다고 생각해요. 생소한 용어

는.. 그러니까 아이들에게 낯선 용어는 내용을 이해하는데 걸림돌이 되잖아요. 지금도 몇 개 용어는 설명이 되어 있지만.. 되도록이면 생소한 용어, 낯선 용어에 대해 충분히 설명해 주면 좋겠어요. 아이들이 잘 이해하도록..”

(B 교사) “(...) 거기에 뭐 어떤 걸 확인하는 그 과학자의 실험이나 실험 계획, 아니면 과학자의 생각 이런 게 내용 중에 잘 제시되어 있더라고요. 그런 거를 조금 가려서 애들이 먼저 생각해 보게 하고, 또 정보도 찾아서 추론해 보고 자기들이 토론할 수 있는 기회를 주고, 그 다음에 교사가 이 과학자는 이렇게 했더라, 너희는 이런 부분도 생각했구나 이렇게 하면 조금 더 발전되지 않을까 생각을 했어요.”

(C 교사) “음.. 질문이 좀 더 사실 확인에 대한 질문도 있어서 좋았지만, 또 사실 확인뿐만 아니라 학생들의 창의적인 아이디어나 창의적인 사고를 촉진할 수 있는 그런.. 수렴적 말고 발산적 질문들도 조금 더 많이 포함되면 좋겠다는 생각을 했습니다. (...) 일곱 개의 과학자 이야기는.. 이것을 통해 학생들이 과학의 본성을 이해하기를 바라고 있지만, 그 내용이 수록되어 있지 않아 학생들이 제대로 이해하지 의문이 들어요, 성적이 낮은 아이들에게는.. 성적이 우수한 아이들은 어떤 의미인지 이해를 하겠지만, 이게 성적이 낮은 아이들도 이해할 수 있도록 과학자 이야기를 읽고 나면 그 내용이 과학의 본성과 관련지어 무엇을 말하고 있는지 직접 알 수 있도록.. 저는 지금도 좋지만.. 누구나 이해할 수 있도록 그런 내용이 추가되면 좋겠다는 생각이 들었습니다.”

한편, D 교사는 다른 교사들과 달리 질문과 관련된 언급은 없었지만, 과학자 비네트에 관한 해설 자료가 필요하다는 의견을 제시하였다. 또 과학 탐구 기능과 과학의 본성에 대해 학습할 수 있는 보충 자료의 필요성을 강조하였다. 이때, 다른 교사들도 D 교사처럼 과학 탐구 기능과 과학의 본성을 학습할 수 있는 보충 자료의 필요성을 직접 언급하지는 않았지만, 고개를 끄덕이는 방식의 비언어적 제스처(gesture)로 D교사의 생각에 동의한다는 의사를 표시하였다. D 교사의 의견 중 일부를 인용하면 다음과 같다.

(D교사) “(...) 그러니까 과학자의 이야기에 담고 있는 의미를 분명하게 안내하는 해설 자료가 포함되면 좋겠다는 생각이 들어요. 또 이것도 체계적인 학습의 차원에서 제 생각을 말씀드리면 탐구 기능이나 과학의 본성을

과학자 이야기를 통해 자연스럽게 익히는 것도 좋겠지만, 탐구 기능과 과학의 본성을 학습할 수 있는.., 그러니까 아이들이 탐구 기능의 의미와 과학의 본성의 의미를 분명하게 살펴볼 수 있는 그런 자료들이 함께 제공되면 좋겠어요. 질문에 그런 내용이 포함되어 있지만, 아이들이 이렇기보다 이렇게 막연하게 짐작하는 것이 아니라, 과학자의 이야기를 통해 아~ 이렇구나 이렇게 확인할 수 있는.., 그러니까 학습의 기능이 추가될 그런 자료가 필요하다고 생각해요.”

교사들이 과학자 비네트의 개선점으로 진술한 내용을 요약하면, 과학자 비네트가 효과적인 학습 자료가 되기 위해서는 과학적 사고를 촉진하는 질문을 보강하고, 과학자 비네트의 목표를 이루기 위해 관련 내용을 더 명시적으로 제시할 필요가 있다는 것이다. 이러한 결과는 과학자 비네트를 설계하고 작성하는 과정에서 과학적 탐구 과정과 과학의 본성을 중심으로 한 내용을 담고 질문이라는 도구를 이용해 학생들의 인식 변화를 촉진하고자 했음에도 불구하고, 그러한 방법들이 교사들이 생각하는 교수-학습의 수준에 이르지 못했음을 시사한다.

교사들이 제시한 개선점에 비추어 볼 때, 안내된(guided) 학습과 독립적(independent) 학습의 조화를 꾀하는 방향으로 과학자 비네트를 보완할 필요가 있다. 즉, 과학자 비네트의 내용에 대한 이해가 부족한 학생들이 안내된 학습을 수행할 수 있도록 체계적(systematic)이고 명시적(explicit)으로 과학자 비네트의 내용을 재구성할 필요가 있다. 여기서 체계적이란 학생들의 학습과 직접적으로 연결된 내용을 상세히 포함하는 교수적 요소의 순차적 사용을 뜻하며, 명시적이란 학생이 발견을 통해 학습하기보다 용어 해설, 글 상자, 질문, 학습 보충 자료 등을 통해 학생이 학습해야 하는 모든 것을 분명하게 제시한다는 것을 의미한다(Minskoff & Allsopp, 2003). 또한, 과학자 비네트의 내용을 충분히 이해한 학생들이 과학자 비네트를 대대로 독립적인 학습을 수행할 수 있도록 과학적 추론과 창의적 요소를 담은 질문을 추가하여 학생들의 성취감을 자극하고, 사고력을 신장시킬 필요가 있다. 이러한 안내된 학습과 독립적 학습은 Mayer (2011)가 근거 기반(evidence-based) 교수설계 원리에서 밝힌 것처럼, 학습자는 순수한 발견학습보다 코칭, 스캐폴딩과 같은 안내를 받을 때 더 잘 학습한다는 원리와 학습자는 학습하는 동안 관련 내용에 대한 심도 있는 질문이나



이에 대한 답을 요구할 때 더 잘 학습한다는 원리에 각각 대응한다고 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학자의 연구 사례를 선정하 후 과학자의 탐구 과정과 과학적 태도, 과학의 본성을 담은 ‘과학자 비네트’를 개발하였고, 과학자, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 초등학생 564명의 인식 변화를 조사하고, 4명의 교사와 집단 면접을 시행하여 과학자 비네트의 교육적 효과를 확인하였다. 이 연구를 통해 얻은 결과를 요약하고, 이를 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 과학자의 이야기를 다룬 문헌 연구를 토대로 초등학교 고학년 학생들이 자기 주도적으로 학습할 수 있는 과학자 비네트를 개발하였다. 과학자 비네트에 등장하는 과학자들은 과학과 교육과정의 내용 영역 구분을 고려하여 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주 영역에서 고르게 선정하였으며, 이 연구에서 개발한 과학자 비네트에는 영국의 동물학자인 제인 구달을 비롯하여 총 7명의 과학자에 관한 연구 사례가 포함되어 있다. 과학자 비네트를 개발하기 위해 먼저 과학자별로 과학자의 탐구 과정, 과학적 태도, 과학의 본성에 관한 요소들을 추출하였고, 이들 요소를 고려하여 과학사적 사실에 부합하도록 본문을 작성하였다. 각각의 과학자 비네트는 초등학생들의 읽기 수준을 고려하여 4쪽~6쪽의 분량으로 구성되어 있으며, 글과 함께 본문의 주요 내용을 묘사하는 삽화가 수록되어 있다. 또한, 생소한 용어에 대한 풀이와 상위 개념을 설명하는 글 장자가 일부 수록되어 있으며, 학생들이 과학자 비네트를 통해 알아야 할 것을 명시적으로 전달하고, 학습 방향을 이끄는 수단으로 비네트마다 여러 개의 질문을 제시하였다.

둘째, 과학자 비네트의 교육적 효과를 확인하기 위하여 학생들의 과학에 대한 인식, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 이해를 조사한 결과, 정성적인 면에서 학생들은 과학자 비네트를 경험하기 전보다 응답 내용에 포함된 키워드의 양과 질, 문맥의 구체성과 논리적 수준이 전반적으로 향상되었고, 과학자 비네트에 등장하는 과학자의 사례를 예로 들며 자기 생각을 분명하게 표현하는 특징을 보였다. Wilcoxon 부호 순위 검정을 통해 파악한 정량적

결과에서도 연구에 참여했던 학생 중 29%~47%의 학생들이 긍정적인 변화를 보였고, 이는 과학의 본성에 대한 이해에서 더 뚜렷하게 나타났다. 학생들은 과학자 비네트를 경험한 후, 과학과 과학자의 특징에 대한 이해가 정교해졌으며, 과학의 본성에 대한 이해에서 좀 더 현대적인 인식론적 관점으로의 변화를 보임으로써, 과학자 비네트가 학생들의 과학에 대한 인식, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 이해를 높이는 데 효과가 있음을 알 수 있다.

셋째, 과학자 비네트의 교육적 효과 및 개선사항에 관한 자료 수집을 목적으로 초등학교 교사 4명과 집단 면접을 시행한 결과, 교사들은 과학자 비네트가 과학 탐구 기능과 과학의 본성에 대한 이해, 과학 관련 태도 형성에 긍정적인 변화를 미칠 것이라고 평가하였고, 특히 과학자 비네트가 과학의 본성에 대한 이해를 높이는 데 가장 효과적으로 기능할 수 있다고 판단하였다. 그와 함께 교사들은 과학자 비네트의 개선사항으로 과학적 사고를 촉진하는 질문을 보강하고, 과학자 비네트의 목표를 이루기 위해 관련 내용을 더 명시적으로 제시할 필요가 있다는 의견을 제시하였다. 교사들이 제시한 개선점은 과학자 비네트에 대한 이해가 부족한 학생들이 안내된 학습을 수행할 수 있도록 내용을 더 체계적이고 명시적으로 재구성할 필요가 있으며, 과학자 비네트를 충분히 이해한 학생들이 독립적인 학습을 수행할 수 있도록 과학적 추론과 창의적 요소를 담은 질문을 추가하여 학생들의 고차적 사고를 촉진할 필요가 있음을 시사하였다.

이 연구를 통해 얻은 결과들을 종합해 볼 때, 안내된 학습과 독립적인 학습의 조화를 이루어야 한다는 과제에도 불구하고, 과학자 비네트의 활용은 초등학교 고학년 학생들의 과학에 대한 인식, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 이해를 높이는 데 효과가 있다고 결론지을 수 있다. 단, 연구대상 및 자료 수집 과정에 비추어 볼 때 이 연구에서 밝힌 과학자 비네트의 효과를 온전히 신뢰하기에는 무리가 있다. 이 연구에 과학영재교육원 입학을 위해 온라인 과정에 참여한 학생들이 참여하였기에 사후 검사에서 더 발전된 내용을 쓰기 위해 고급 용어를 사용하거나 문장을 구체적이고 논리적으로 작성하기 위해 노력했을 개연성을 완전히 배제하기 어렵다. 또, 2주에 걸쳐 과학자 비네트를 집중적으로 경험한 후 사후 검사를 시행하였기에 단기간

의 집중학습에 따른 효과로 내적 타당도가 저해되었을 가능성도 있다. 따라서 정량적 연구 결과만을 보고 과학자 비네트를 그대로 사용하기보다, 이러한 과학자 비네트를 비교적 장기간 학습 자료로 활용하면 학생들의 과학에 대한 인식, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 이해를 높일 수 있다는 수준에서 그 결과를 수용하는 것이 타당하다고 생각한다.

이 연구는 학생들 스스로 과학자의 연구 사례를 경험하며, 과학에 대한 인식, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 이해를 높일 수 있도록 자기 주도적 학습 도구인 과학자 비네트를 개발하고, 그 효과를 정성적·정량적 측면에서 실증적으로 확인했다는 데 의의가 있다. 이 연구를 바탕으로 과학자 비네트가 더 좋은 과학사 활용 학습 자료로 기능하기 위해서는 다음과 같은 점들이 보완될 필요가 있다.

첫째, 과학자 비네트에 담긴 과학적 탐구의 특징과 과학의 본성을 제대로 익힐 수 있는 설명 자료를 추가하여 제공할 필요가 있다. 이 연구에 참여했던 교사들은 과학 탐구 기능과 과학의 본성을 학습할 수 있는 보충 자료가 필요하다는 의견을 제시하였다. 이는 과학자 비네트를 살펴본 학생들이 여러 질문에 답하는 과정을 통해 과학의 탐구 과정이나 과학의 본성을 이해하기를 바라는 의도와 달리, 과학자 비네트 만으로는 학생들 스스로 그 의미를 온전히 파악하기에 한계가 있음을 지적한 것이며, Lederman and Lederman (2019)을 비롯하여 여러 연구자가 주장해 온 명시적 자료의 필요성을 재확인한 것이라고 할 수 있다. 과학자 비네트에 담긴 과학자의 연구 과정 즉, 과학자 비네트의 상황 특수성(context-specificity of vignette)으로 비네트에서 다룰 수 있는 과학적 탐구의 특징과 과학의 본성은 제한적일 수밖에 없다. 따라서 과학적 탐구의 특징과 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 촉진하기 위해서는 과학자 비네트와 함께 과학적 탐구의 특징과 과학의 본성을 설명하는 구체적인 자료를 과학자 비네트와 함께 제공할 필요가 있다.

둘째, 다양한 유형의 과학자 비네트를 개발하고, 그 교육적 활용 범위를 넓힐 필요가 있다. 사실 초등학교 수준의 발달 수준과 교육과정의 내용을 감안하면, 개념 및 이론의 변천 과정과 과학자의 논쟁(예: Hoyle vs. Gamow, Voltaire vs. Needham, Cope vs. Marsh 등)을 다룬 사례를 과학자 비네트로 제시하기에는 다소 무리가 있다. 그럼에도 불구하고 개념

및 이론의 변천 과정과 과학자의 논쟁은 과학의 본성을 이해하는 데 좋은 소재가 된다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Irwin, 2000). 과학에 대한 흥미와 관심이 높고 다양한 과학자들의 연구 사례를 접한 학생들이라면 이러한 내용을 소화할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 현재 과학자 비네트는 자기 주도적 학습 자료의 용도로 개발되었지만, Matthews (1994)가 과학 수업에 과학사를 도입하고 싶은 교사들을 위해 제안한 여러 방법을 응용하면 정규 수업에서도 초등학교 수준의 수준에 적합하고 학생들의 흥미를 자극하는 활동을 전개할 수 있을 것이다. 과학자 비네트의 교육적 활용 범위를 넓히는 방법으로 과학자 비네트를 읽고 해석하는 개인 혹은 모둠별 에세이(essay) 작성, 과학자 비네트를 활용한 역사적 실험의 재현, 과학자 비네트에 실린 일화의 역할 놀이, 과학자의 삶에 관한 이야기 쓰기나 소집단 토론 등을 생각해 볼 수 있다.

셋째, 우리나라 과학자의 연구 사례를 발굴하여 과학자 비네트로 제작할 필요가 있다. 이면우(2003)는 우리 과학사 자료를 활용한 과학교육의 가능성을 살핀 후, 우리나라 과학사 자료의 종류와 수업 방식에 따라 15가지의 과학교육 유형을 분류하였고, 문만용(2009)은 우리나라 근현대 과학사의 초등교육 활용 방안을 주제로 한 연구를 통해 교과서나 수업에서 근현대 과학자와 그들의 연구에 대해 다룰 필요가 있음을 강조하였다. 이들 연구는 서양 과학사에 치우친 과학사 활용 교육의 한계를 극복하고 우리나라 과학 및 과학자의 역할과 기여에 대한 올바른 이해를 도모하기 위한 것이라고 할 수 있다. 국내 과학교육학자들과 과학사학자들도 한국 과학사를 과학교육에 도입할 필요성에 공감하며, 그 까닭으로 한국 과학사를 통해 우리 조상들의 과학 지식, 과학적 사고 및 기능, 과학적 태도 등을 접할 수 있기 때문이라는 점을 우선하였다(이봉우와 신동희, 2011). 우리나라 과학자를 다룬 비네트를 제작하기 위해서는 우리나라 과학자에 관한 사실적 정보를 수집하고 그 당시의 사회·문화적 맥락을 밝히는 것이 그 첫걸음일 것이다.

## 참고문헌

강석진, 김영희, 노태희(2004). 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미

- 치는 영향. 한국과학교육학회지, 24(5), 996-1007.
- 강유미, 신영준(2011). 과학사를 활용한 다양한 수업 활동이 초등학생의 과학 학습 동기에 미치는 효과. 초등과학교육, 30(3), 330-339.
- 교육부(2015). 과학과 교육과정[교육부 고시 제2015-74호, 별책9]. 교육부.
- 권명순, 김선영(2014). 과학사를 배경으로 스토리텔링을 활용한 수업이 고등학생들의 진화 관련 개념 및 진화 수용에 미치는 영향. 생물교육, 42(4), 386-397.
- 김경순, 노정아, 서인호, 노태희(2008). 중학교 과학 ‘물질의 구성’ 단원에서 과학사 소재를 활용한 명시적·반성적 과학의 본성 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 28(1), 89-99.
- 김도옥(2012). 아보가드로의 ‘분자설’의 이해를 증진시키기 위한 과학사-역할놀이의 적용 효과. 현장과학교육, 6(2), 124-134.
- 김도옥(2015). 과학사 주제에 따른 과학사-역할놀이가 대 학생의 과학의 본성의 변화에 미치는 효과-원자 모형의 변천과 멘델레프의 주기율표의 변천 주제를 중심으로-. 과학교육연구지, 39(1), 15-27.
- 김민지, 서혜애(2012). 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 ‘생명과학 I’에 제시된 과학사 내용의 특징. 생물교육, 40(3), 315-326.
- 김석기, 김학성, 박용필, 위수민(2015). 초등 과학 영재의 창의적 문제 해결력 향상을 위한 과학사-CPS 수업 모형 기반 날씨 영역 수업 프로그램 개발과 적용 효과. 학습자중심교과교육연구, 15(12), 43-58.
- 김현철(2008). 비모수 통계분석. 경기: 교육과학사.
- 동효관, 홍준의, 신영준, 김경호, 이길재(2002). 과학사를 이용한 과학영재 생물교수학습 모듈 개발. 한국생물교육학회지, 30(4), 363-373.
- 문만용(2009). 한국 근현대 과학사의 초등교육 활용 방안. 초등과학교육, 28(2), 197-212.
- 박상우, 정원우, 박영관(2016). 과학사와 융합인재교육의 적용 실태와 과학사를 활용한 설계 기반의 융합인재교육 수업에 대한 초등교사들의 인식. 과학교육연구지, 40(2), 166-188.
- 박세기, 이기영, 이면우(2011). 과학 교과서의 과학사 자료 분석을 위한 삼원 분석틀 개발 및 적용: 지구과학사를 중심으로. 한국지구과학회지, 32(1), 99-112.
- 신동희, 강혜진(2011). 지구의 연령 측정 관련 과학사 수업 개발. 한국지구과학회지, 32(3), 324-333.
- 신동희, 신하운(2012). 과학사 활용 과학 윤리 수업 모형 개발. 한국과학교육학회지, 32(2), 346-371.
- 양승훈, 송진우, 김인환, 조정일, 정원우(1996). 과학사와 과학교육: 과학교육을 위한 과학사적 학습지도. 서울: 민음사.
- 이기영, 안희수(1999). 과학사 자료를 이용한 지구과학 학습 지도에 관한 연구. 한국지구과학회지, 20(3), 213-222.
- 이면우(2003). 한국과학사 자료를 이용한 과학교육의 가능성. 초등과학교육, 22(2), 211-222.
- 이봉우, 신동희(2011). 과학사 활용 과학 교육에 대한 전문가 의견 조사. 한국과학교육학회지, 31(5), 815-826.
- 이종승(2009). 교육·심리·사회 연구방법론. 경기: 교육과학사.
- 이종혁, 백중호(2019). 문제기반학습(Problem-Based Learning) 프로그램에서 과학사 및 과학철학 기반 융합 문제를 해결한 이공계열과 인문사회계열 대학생들의 사례연구. 한국과학교육학회지, 39(4), 499-510.
- 이주현, 이미숙, 주희영, 이길재(2011). 영재 학생들을 위한 과학사-CPS 수업 모형을 활용한 분자생물 영역 수업 프로그램의 개발 및 적용. 과학교육연구지, 35(2), 262-273.
- 장명덕(2014). 초등과학교육 이론과 실제. 경기: 아카데미프레스.
- 정고은, 황신영, 정영란(2015). 2009 개정 중학교 과학 교과서의 과학사에 반영된 과학의 본성 분석. 교과교육학연구, 19(2), 389-405.
- 정지연, 노석구(2017). 과학사를 활용한 자유탐구 프로그램이 초등학생의 가설설정 및 변인통제 능력에 미치는 영향. 학습자중심교과교육연구, 17(4), 193-214.
- 조현국(2014). 근대 과학자와 예술가의 사례를 통해 살펴 본 융복합교육으로서의 과학교육: 과학과 예술을 중심으로. 한국과학교육학회지, 34(8), 755-765.
- 주희영, 동효관, 김성하, 김희백, 이길재(2005). 과학사와 CPS 모형에 기초한 발생 생물의 수업 프로그램 개발. 한국생물교육학회지, 33(3), 264-276.
- 홍지연, 황성용, 원정현, 신광복(2013). 고등학교 과학사 및 과학철학. 서울특별시교육청.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200012\)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200012)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C)
- Aikenhead, G. & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: 'Views on Science-Technology-Society' (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491. <https://doi.org/10.1002/scs.3730760503>
- Brush, S. G. (1974). Should the history of science be rated X? *Science*, 183(4130), 1164-1172. <https://doi.org/10.1126/science.183.4130.1164>
- Bybee, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, 71(5), 667-683. <https://doi.org/10.1002/scs.3730710504>

- Chang, Y., Chang, C. & Tseng, Y. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 315-332. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9202-2>
- Eliyahu, E. B., Assaraf, O. B. Z. & Lederman, J. S. (2020). Do not just do science inquiry, understand it! The views of scientific inquiry of Israeli middle school students enrolled in a scientific reserve course. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09925-x>
- Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40.
- Irwin, A. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<5::AID-SCE2>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<5::AID-SCE2>3.0.CO;2-0)
- Jensen, M. S. & Finley, F. N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79(2), 147-166. <https://doi.org/10.1002/sce.3730790203>
- Klein, M. J. (1972). The use and abuse of historical teaching in physics, in King, A. L. Eds: *History in the Teaching of Physics: Proceedings of the International Working Seminar on The Role of the History of Physics in Physics Education*, University Press of New England, Hanover, N.H. Brush and King.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, (pp. 831-879). Mahwah: Lawrence Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again? *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(6), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0002-0>
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. NY: Routledge.
- Minskoff, E. & Allsopp, D. (2003). *Academic success strategies for adolescents with learning disabilities & ADHD*. MD: Paul H. Brookes Publishing Co., Inc.
- Nouri, N. & McComas, W. F. (2019). History of science (HOS) as a vehicle to communicate aspects of nature of science (NOS): Multiple cases of HOS instructors' perspectives regarding NOS. *Research in Science Education*, <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09879-9>
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. H. & Resnick, L. B. (2010). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition & Instruction*, 18, 1-34. [https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1801\\_01](https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1801_01)
- Schwartz, R. & Lederman, N. G. (2002). It's the nature of the beast: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236. <https://doi.org/10.1002/tea.10021>
- Sequeira, M. & Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75(1), 45-56. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750105>
- Solomon, J., Duveen, J., Scott, L. & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290408>
- Wandersee, J. H. (1985). Can the history of science help science educators anticipate student's misconceptions? *Journal of College Science Teaching*, 23(7), 581-597. <https://doi.org/10.1002/tea.3660230703>
- White, R. & Wallace, J. (1999). Heroism and science education reform. *Research in Science Education*, 29(4), 417-430. <https://doi.org/10.1007/BF02461587>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83. <https://doi.org/10.2307/3001968>

박재용, 서울교육대학교 교수(Park, Jaeyong; Professor, Seoul National University of Education).

† 이기영, 강원대학교 교수(Lee, Kiyong; Professor, Kangwon National University).