



## PCK 관점에서 예비과학교사의 맥락적 NOS 수업 계획 분석

김혜린<sup>1</sup>, 노태희<sup>1</sup>, 김민환<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교, <sup>2</sup>서울대학교 교육융합연구원

### An Analysis of Preservice Science Teachers' Contextualized NOS Lesson Planning from the Perspectives of Pedagogical Content Knowledge

Haerheon Kim<sup>1</sup>, Taehee Noh<sup>1</sup>, Minhwan Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Center for Educational Research, Seoul National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 13 October 2023

Received in revised form

18 November 2023

Accepted 24 November 2023

##### Keywords:

the 2015 Revised Curriculum, contextualized NOS lessons, NOS, PCK

#### ABSTRACT

In this study, we analyzed contextualized NOS lessons planned by preservice teachers from the perspectives of PCK. Eight preservice teachers who had completed all of the curriculum at the College of Education located in Seoul participated in the study. CoRe and teaching and learning guidance were collected. Interviews were also conducted. We used analytical induction to analyze the collected data. The analyses of the results revealed that the NOS learning goals selected by the preservice teachers were different depending on the context of the NOS lessons. In addition, the preservice teachers were unable to sufficiently explain the value of learning NOS. All of the preservice teachers were worried that their students would not understand NOS properly, and they faced various difficulties in dealing with NOS and science content. They thought that if their students conducted experiments, errors could cause problems for students learning NOS. Meanwhile, they guessed their students' preconceptions and misconceptions of NOS based on their experience. The preservice teachers also thought that their students' concept of science and cognitive development stage would affect their NOS learning. Although the preservice teachers used various strategies to teach NOS, NOS was often not explicitly addressed. Also, they were reluctant to evaluate NOS in lessons. Based on the above results, educational implications for preservice teacher education were proposed.

## 1. 서론

과학의 본성(nature of science; NOS)은 과학 지식의 형성과 변화, 과학 지식의 한계 등 과학 지식이 가지는 특성을 의미하며(Lederman, 1992), 일반적으로 과학자와 과학자의 탐구 방법, 과학과 사회의 상호작용까지 NOS에 포함된다(Lederman, 1999). NOS에 대한 이해는 과학적 소양의 함양이라는 관점에서 과학교육의 중요한 목표로 여겨져 왔으며, 미국의 차세대과학교육표준(Next Generation Science Standards, NGSS; McComas & Nouri, 2016; NGSS Lead States, 2013)과 우리나라의 과학교육표준(Korean Science Education Standards; Song *et al.*, 2019)에서는 NOS에 대한 이해를 중요한 목표로 강조하고 있다. 예를 들어 NGSS에서는 과학교육의 근본적인 목표 중 하나로 '과학 지식의 본성을 이해할 수 있는 과학적 소양을 갖춘 사람을 교육하는 것'을 제시하며 NOS를 직접적으로 강조하고 있다(NGSS Lead States, 2013). 또한 우리나라를 비롯하여 미국, 영국, 캐나다, 호주 등 많은 나라의 과학 교육과정에서도 NOS를 중요한 목표로 강조하고 있다(MOE, 2015, 2022; Olson, 2018).

그러나 대부분의 교육과정 문서에서 NOS에 대한 이해의 중요성을 강조하고 있음에도 NOS의 학습을 위해 구체적으로 어떠한 경험을 제공하라는 등의 명시는 부재한 모순적인 상황에 머무르고 있다

(Olson, 2018). 우리나라 역시 6차 교육과정 이래 교육과정 문서에서 NOS에 대한 이해를 강조해왔으나, 명확한 교수 지침은 여전히 부재한 상황이다(Lee *et al.*, 2016). 예를 들어 2015 개정 과학과 교육과정 '화학 I' 및 '화학 II' 교과교의 교수·학습 및 평가의 방향에서 "과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호관련성, 과학적 모델의 특성 등 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다."라고 서술하고 있다(MOE, 2015). 그러나 여기에 구체적으로 어떤 내용에서 어떤 NOS를 가르쳐야 하는지 등에 대한 서술은 부재하다. 따라서 과학교사가 자신의 일상적인 수업에서 교육과정에 명시된 과학 개념을 가르치는 것에 더해 NOS를 가르치는 것은 매우 어려운 일이라고 할 수 있다. 이에 따라 일부 과학교사는 과학 수업 중 NOS를 가르치는 것을 부담으로 느끼기도 한다(Cofré *et al.*, 2019). 즉, 과학교사가 주어진 교육과정 안에서 NOS를 가르칠 수 있도록 관련된 전문성을 개발할 필요가 있다.

한편 NOS 수업은 가르치고자 하는 NOS를 과학 내용과 함께 제시하는지에 따라 맥락적 혹은 통합적(integrated) 수업과 비맥락적 혹은 비통합적(decontextualized or non-integrated) 수업으로 구분할 수 있다(Clough, 2006; Khishfe & Lederman, 2006). 맥락적 수업은 과학사나 실험 등과 같은 과학 내용의 맥락 안에서 NOS를 가르치는 수업을 뜻하는 반면, 비맥락적 수업은 '미스터리 박스 활동(Mystery boxes; French, 2012)' 등과 같이 과학 내용과 별개로 NOS를 가르치는 수업

\* 교신저자 : 김민환 (alsks@snu.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.6.521>

을 말한다. 이때 교육과정에서 제시하는 과학 개념과 함께 NOS를 가르치는 것은 맥락적 수업에 해당하므로, 학교 현장에서 NOS 수업이 활발하게 이루어지기 위해서는 과학교사의 맥락적 수업에 대한 전문성이 필요하다. 다시 말해 과학교사들이 맥락적 수업에 대한 전문성을 갖춘다면, 교육과정을 따라 진행되는 일상적인 수업에서도 NOS 교수가 이루어질 수 있을 것이다. 과학교사들이 비맥락적 수업은 교육과정을 벗어나기 때문에 ‘시간 낭비’라고 생각하여 자신의 수업에 적용하려 하지 않는다면 NOS를 주어진 교육과정에 쉽게 통합할 수 있다고 인식할 때 수업에서 NOS를 다룰 가능성이 높다는 선행 연구(Sahin & Deniz, 2016; Sweenye, 2010)의 결과는 이러한 주장을 뒷받침한다.

국내 과학교육 분야에서는 예비과학교사의 NOS에 대한 인식이나 견해 등을 조사하고 이를 향상하기 위한 연구가 주로 이루어졌고(Kang, 2013, 2020; Kim, 2010, 2016; Lim *et al.*, 2004; Nam *et al.*, 2007), 이들의 NOS 수업 전문성과 관련된 연구는 부족하였다. 특히 예비과학교사의 전문성을 맥락적 수업의 측면에서 접근한 연구는 거의 없었으며, 최근에서야 실험 수업에서 예비교사들의 NOS 수업 전문성을 향상하고자 하는 시도가 이루어졌다. Kim(2020)은 과학교육론 수업에서 3-4인의 예비교사가 하나의 모둠을 이루어 NOS 교수를 포함하는 실험 수업을 계획 및 시연하도록 한 후 이를 분석하였다. 그러나 이 연구에서는 예비교사가 NOS를 가르치기 위해 생명과학 교과의 실험 주제에 따라 어떤 NOS를 목표로 하는지를 중심으로 분석하였으므로 교수 전략이나 평가 등 이들의 수업 전문성을 파악하는 데에는 한계가 있었다. 그리고 실제 학교 현장에서 교사의 수업 설계 활동은 개별로 이루어지지만, Kim(2020)의 연구에서는 예비교사들이 모둠을 이루어 계획 및 시연한 수업을 분석하여 예비교사 개인의 수업 전문성을 탐색하기가 어려웠다.

한편, 예비교사의 수업 전문성을 체계적으로 조사하기 위해 교과교육학 지식(pedagogical content knowledge; 이하 PCK)의 관점을 활용할 수 있다. PCK는 내용 지식(content knowledge)과 교육학 지식(pedagogical knowledge)의 혼합물 혹은 화합물을 지칭하는 가상적 개념(Shulman, 1986)으로 제안된 이래, 과학교사의 수업 전문성을 설명하기 위한 이론으로 널리 활용되고 있다(Gess-Newsome, 2015; Magnusson *et al.*, 1999; Padilla & van Driel, 2011; Park & Chen, 2012). PCK는 가르치는 내용에 특이적(domain-specific)이므로(Magnusson *et al.*, 1999), NOS 수업 맥락에서도 PCK가 제안되었다. Schwartz & Lederman(2002)은 NOS 교수 전문성 프로그램에 참여한 과학교사의 NOS 수업을 분석하였다. 이 연구에서 그들은 효과적인 NOS 수업을 위해서는 과학교사가 NOS에 대한 지식을 갖추는 것 즉, 현대적인 인식론을 바탕으로 NOS를 이해하는 것만이 아니라 NOS 수업에 특이적인 전문성을 갖추는 필요가 있다고 역설하였으며 내용 지식과 교육학 지식에 NOS에 대한 지식이 더해진 개념으로서 NOS-PCK를 제안하였다. 이후 Hanuscin *et al.*(2011)은 NOS-PCK의 구체적인 요소를 제안하고 초등교사의 NOS-PCK를 조사하기도 하였다. 국내에서도 ‘과학탐구실험’ 교과에서 이루어진 현직교사와 예비교사의 NOS 수업을 NOS-PCK의 관점에서 분석한 연구가 이루어진 바 있다(Kim *et al.*, 2020, 2022). 이 두 연구는 교육과정에서 NOS를 명시적인 학습 목표로 제시하고 있는 ‘과학탐구실험’ 교과의 ‘역사 속의 과학 탐구’ 단원을 대상으로 하였으므로 교육과정에서 NOS를

명시적으로 제시하지 않은 일상적인 과학 수업에서의 NOS 수업을 분석할 수 없었다는 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 예비과학교사의 맥락적 NOS 수업에 대한 전문성을 PCK 관점에서 조사하였다. 이를 위해 예비교사들에게 맥락적 NOS 수업을 계획하도록 하고, 이들이 계획한 수업을 PCK 관점에 기반한 CoRe(Content Representation; Loughran *et al.*, 2006)를 이용하여 분석하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

서울특별시 소재 사범대학 화학교육과 4학년 예비교사 중 연구 참여에 자발적으로 동의한 예비교사 8명(A~H)을 연구참여자로 선정하였다. 연구참여자는 교육실습을 모두 마친 상태로, 전공 필수 강의를 모두 이수한 후 4학년 2학기 중 본 연구에 참여하였다. 모든 예비교사는 화학 학습과 관련된 이론을 다루는 ‘화학교육론’을 3학년 1학기에 이수하였으며, 교수 모형을 중심으로 한 과학 교수 이론 학습을 통해 수업 시연을 하는 ‘화학교재연구 및 지도법’을 3학년 2학기에 이수하였다. 4학년 1학기에는 NOS를 직접적으로 다루는 ‘화학교육 연구’를 이수하였다. 이 수업에서는 ‘과학이란 무엇인가?’, ‘보이는 것을 믿을 수 있을까?’, ‘과학 이론이 중요한 이유는?’ 등의 주제로 ‘관찰은 이론의존적이다’, ‘과학 지식은 잠정적이다’, ‘과학은 자연 현상에 대한 설명 체계이다’ 등의 다양한 NOS를 다루었으며, 교수자의 강의와 함께 예비교사들의 조별 토론을 위주로 수업이 진행되었다. 이상의 교육과정에서 NOS 수업과 관련된 교수전략 등은 학습하지 않았으며 NOS 수업을 계획하거나 시연한 경험도 없었다.

### 2. 연구 절차

사범대학의 교사 양성 과정에서 NOS 수업 전문성에 대한 교육은 거의 이루어지지 않고 있으므로, 자료 수집에 앞서 연구 참여자를 대상으로 맥락적 NOS 수업에 대한 워크숍을 2차시에 걸쳐 실시하였다. 워크숍에서는 먼저 ‘화학교육연구’에서 다룬 NOS 내용을 환기하고, 맥락적 NOS 수업을 정의와 함께 소개하였다. 이때 맥락적 NOS 수업은 실제 과학사를 다루는 높은 수준의(highly) 맥락화된 수업과 교실 수업의 과학 탐구 활동을 포함하는 중간 수준의(moderately) 맥락화된 수업으로 구분할 수 있다(Clough, 2006). 이에 따라 연구자가 두 수준의 수업에 적합하다고 생각되며 예비교사들이 수업을 계획하게 될 주제와 중복되지 않는 주제를 선정하였다. 그리고 이 주제에서 가르칠 수 있는 NOS 내용을 찾아보는 활동을 하였다. 높은 수준의 맥락화된 NOS 수업을 위하여 과학 1의 ‘베게너의 대륙이동설’을 선정하였다. 이 단원은 5종의 교과서에서 모두 베게너의 대륙 이동설이 제안되고 받아들여지는 과학사의 과정을 다루고 있다. 또한 중간 수준의 맥락화된 NOS 수업을 위하여 과학 2의 ‘옴의 법칙’을 선정하였다. 이 단원은 5종의 모든 교과서에서 전압과 전류, 저항의 관계를 알아보기 위한 전류 측정 실험을 포함하고 있다. 워크숍은 연구자가 직접 구성하고 과학교육 전문가의 검토를 받아 수정 및 보완하였다.

워크숍이 끝난 후 예비교사들에게 맥락적 NOS 수업을 계획하고

이 수업에서 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?
학생들이 이 과학의 본성을 아는 것이 왜 중요한가요?
학생들이 학습해야 할 내용은 아니지만, 이 과학의 본성에 대해 추가로 알고 있는 것은 무엇인가요?
이 과학의 본성을 가르칠 때 어려운 점이나 한계점은 무엇인가요?
이 과학의 본성을 가르치는 데 영향을 주는 학생들의 생각은 무엇인가요?
이 과학의 본성을 가르치는 데 영향을 주는 다른 요인은 무엇인가요?
이 과학의 본성을 가르치기 위한 교수전략과 이 전략을 사용하는 이유는 무엇인가요?
이 과학의 본성에 대한 학생들의 이해와 어려움을 확인하는 방법은 무엇인가요?

Figure 1. CoRe for NOS lesson

이에 대한 교수학습 지도안을 작성하도록 하였다. 맥락적 수업의 구분에 따라 두 가지 주제를 선정하고 각 주제에서 한 차시씩 총 두 차시의 수업을 계획하도록 하였다. 높은 수준의 맥락화된 NOS 수업의 계획을 위하여 화학 I의 ‘원자의 구조’ 단원을 주제로 선정하였다. 이 단원은 7종의 모든 교과서에서 원자 모형의 변천 과정을 각 발전 과정에 기여한 과학자와 그가 수행한 연구의 내용을 제시하여 과학 지식의 변천 과정을 다루고 있다. 또한 중간 수준의 맥락화된 NOS 수업을 위하여 과학 3의 ‘일정 성분비 법칙’ 단원을 연구 대상으로 선정하였다. 이 단원은 4종의 교과서에서 모두 구리 연소 실험으로 과학 탐구 상황을 포함하고 있다.

또한 수업을 PCK의 관점에서 효과적으로 분석하기 위해 CoRe(Loughran *et al.*, 2006)를 작성하도록 하였다. CoRe는 어떤 과학 주제를 가르칠 때 특정 내용에 대한 교수자의 생각을 개요화할 수 있는 도구로, 수업 목표와 이를 선정한 이유, 수업에 영향을 미치는 학생의 생각이나 수업 절차, 수업 내용에 대한 학생의 이해를 평가하는 방법 등을 묻는 8가지 질문으로 구성되어 있다. 이러한 점에서 CoRe는 교사가 특정 과학 내용에 대해 가진 생각뿐만 아니라 그 과학 내용을 가르치는 방법을 모두 포착할 수 있으므로 PCK 분석을 위한 유용한 도구가 될 수 있다. 이에 따라 CoRe를 활용하여 과학교사의 수업 전문성을 분석한 연구가 활발히 이루어진 바 있다(Loughran *et al.*, 2008; Williams *et al.*, 2012). 이 연구에서는 NOS 수업을 분석하는 맥락에 맞게 CoRe를 Figure 1과 같이 수정 및 보완하여 사용하였다.

예비교사들이 수업 계획을 마치면 이들이 작성한 CoRe와 지도안을 수집하고 이를 예비 분석한 후 그 결과를 바탕으로 반구조화된 심층 면담을 실시하였다. 면담에서는 각 단원에서 CoRe의 각 항목에 대해 작성한 응답의 구체적인 의미, 해당 응답을 한 이유 등을 상세히 질문하였다. 또한 수업 계획 과정과 수업 계획의 의도, 그리고 맥락적 NOS 수업에 대한 의견도 조사하였다. 모든 면담은 전사하여 분석에 활용하였다.

### 3. 분석 방법

분석적 귀납법(analytic induction; Bogdan & Biklen, 2007)을 사용하여 예비교사들이 계획한 수업을 CoRe의 각 항목에 따라 분석하였다. 예비교사들이 CoRe의 각 항목에 작성한 응답을 가장 기본적인 자료로 분석하였고, 수업 계획을 위해 CoRe와 함께 작성한 지도안과

사후 면담 결과를 보조 자료로 분석하였다. 예를 들어 CoRe의 ‘이 수업에서 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?’ 질문에서 나타난 예비교사의 응답을 바탕으로 수업 주제에 따라 예비교사가 선정한 NOS 학습 목표를 분석하였다. 또한 사후 면담 결과를 바탕으로 예비교사가 각 주제에서 NOS 학습 목표를 고른 이유를 구체적으로 조사하였다. 이때 예비교사는 과학사나 실험에 따라 서로 다른 NOS가 어울린다고 생각하였으므로 면담 결과로부터 예비교사들이 특정 NOS가 과학사나 실험과 어울린다고 생각한 구체적인 이유를 제시하였으며, 지도안을 통해 예비교사들이 실제로 어떤 활동에서 어떤 NOS를 가르치고자 했는지를 확인하였다. 분석 결과 ‘학생들이 학습해야 할 내용은 아니지만, 이 과학의 본성에 대해 추가로 알고 있는 것은 무엇인가요?’ 질문의 답변에서는 예비교사의 맥락적 NOS 수업 전문성과 관련하여 의미 있는 논의가 나타나지 않았다. ‘이 과학의 본성을 가르치는 데 영향을 주는 다른 요인은 무엇인가요?’ 질문의 답변은 ‘이 과학의 본성을 가르칠 때 어려운 점이나 한계점은 무엇인가요?’나 ‘이 과학의 본성을 가르치는 데 영향을 주는 학생들의 생각은 무엇인가요?’ 질문의 답변과 중복되어 나타났다. 따라서 두 질문은 결과로 제시하지 않았다.

수집한 자료를 연구자 2인이 분석하여 합의된 결론을 도출함으로써 연구자의 주관적인 해석을 줄이고자 하였다. 그리고 분석한 결과를 수집한 모든 자료와 비교하는 삼각측정(triangulation)의 과정을 통해 타당성을 높였다. 마지막으로 이 연구의 결과에 대해 과학교육 전문가 3인(과학교육과 교수 1인, 과학교육학 박사 2인)의 검토 과정을 거쳤다. 자료를 분석하고 결과를 도출하여 해석하고 논의하는 과정 전반에서는 과학교육 전문가 3인(과학교육과 교수 1인, 과학교육학 박사 2인)과 현직 과학교사, 과학교육 전공 대학원생들로 구성된 세미나를 3회 이상 실시하였다. 한편, 이 연구에서는 특정한 차시에서 예비교사가 계획한 NOS 수업을 PCK 관점에서 분석하였으므로 이 연구의 결과를 해석하는 데에 주의가 필요하다.

## III. 연구 결과

### 1. 이 수업에서 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?

이 질문은 수업 중 학생이 학습해야 한다고 생각하는 핵심 내용을 명료화하는 질문으로, 이 질문에 대한 답변을 통해 예비교사들이 각 차시의 수업에서 어떤 NOS를 가르치고자 했는지 파악할 수 있다.

이때 본 연구에서는 맥락적 NOS 수업의 두 가지 구분에 따라 과학사와 실험을 포함하는 주제를 각각 하나씩 선정하고 예비교사들에게 수업을 계획하도록 하였다. 이는 두 주제에서 NOS 학습 목표와 교수 및 평가 전략 등이 달라질 수 있다고 생각했기 때문이다. 그런데 연구 결과 많은 예비교사가 수업 주제에 구애받지 않고 두 수업에서 실험과 과학사를 모두 활용하는 모습을 보였다.

먼저 교과서가 과학사를 다루고 있지 않은 일정 성분비 법칙 단원에서 4명의 예비교사가 자신의 배경지식을 바탕으로 과학사를 수업 계획에 추가하였다. 예를 들어 A는 일정 성분비 법칙과 관련하여 베르톨레와 프루스트의 논쟁을 사전 지식으로 알고 있어 이를 수업 계획에 추가하였다. 원자의 구조 단원에서도 학생들은 교과서에 제시된 과학사뿐만 아니라 과학사에 등장한 과학자들이 수행한 실험에 주목하여 NOS를 가르치려고 하였다. 예컨대 D는 교과서에서 원자 모형의 변화를 실험과 함께 제시하고 있기 때문에 일정 성분비 법칙 수업에서와 같이 실험과 관련된 NOS를 가르칠 수 있다고 생각하였다.

D: (교과서에서) 각각의 원자 모형이 발달하는 과정을 실험과 같이 제시해주고 있어서, 일정 성분비 법칙과 마찬가지로 실험을 통해서 증거를 만들 수 있다는 것을 가르칠 수 있다고 생각했습니다.

이처럼 예비교사들은 주제와 무관하게 NOS를 가르치기 위해 실험과 과학사라는 맥락을 모두 활용하고자 하였으며, 그 결과 두 주제에서 예비교사들이 선택한 NOS 학습 목표가 어느 정도 유사하게 나타났다. 먼저 일정 성분비 법칙 단원에서 예비교사가 학습 목표로 가장 많이 선택한 NOS는 6명이 선택한 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’였다. 뒤이어 ‘과학 지식은 자연 현상에 대한 설명 체계이다’를 5명, ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’와 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 각각 3명의 예비교사가 학습 목표로 선정하였다. 원자의 구조 단원에서는 8명의 예비교사가 모두 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 학습 목표로 포함하였다. 이외에 4명의 예비교사가 ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’와 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’를, 3명의 예비교사가 ‘과학 지식은 자연 현상에 대한 설명 체계이다’, ‘관찰은 이론의존적이다’를 학습 목표로 선정하였다.

예비교사들이 두 수업에서 과학사와 실험을 모두 활용함에 따라 유사한 NOS 학습 목표가 나타났으나 맥락적 수업의 두 가지 구분에 따라서는 NOS 학습 목표가 달라졌다. 즉, NOS를 가르치는 과학의 맥락이 과학사인지 실험인지에 따라 NOS 학습 목표가 달라졌다. 예를 들어 많은 예비교사가 교과서에 실린 탐구 상황에서 실험 데이터를 통해 과학 지식을 만들어내는 과정을 보고 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’(일정 성분비 법칙 - 5명, 원자의 구조 - 4명)를 가르칠 수 있다고 생각하였다.

B: 이 교수학습 전개 부분에서 학생들이 주어진 (구리 연소) 실험 데이터를 보고 표를 완성하고 그래프를 그리면서 어떤 관계가 있는지 알아보는 걸로 실험 활동이 구성되어 있어서 과학은 경험적 증거에 기반한다는 NOS를 연결 지은 것 같아요.

또한 예비교사들은 실험 결과를 이론으로 설명할 수 있는 점을 통해 ‘과학 지식은 자연 현상에 대한 설명 체계이다’(일정 성분비 법칙 - 4명, 원자의 구조 - 3명)를 가르칠 수 있다고 생각하여 이를 학습

목표에 추가하기도 하였다. 반면 과학사를 다룰 때에는 과학 지식이 다양한 과학자를 통해 변화하는 과정을 보고 ‘과학 지식은 잠정적이다’(일정 성분비 법칙 - 3명, 원자의 구조 - 8명)나 ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’(일정 성분비 법칙 - 3명, 원자의 구조 - 4명)와 같은 NOS를 학습 목표로 선정하는 경우가 많았다. C는 원자의 구조 단원의 교과서에서 원자 모형의 발전 과정이 제시된 것을 보고 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 학습 목표로 포함하였다고 응답했다.

C: 과학을 전공으로 하지 않는 사람이 원자에 대해 떠올리는 이미지는 돌턴의 원자 모형처럼 동그란 공의 형태이기 쉬운데, 교과서에서 이러한 원자 모형이 점점 발달해나가는 모습이 두드러지게 나타나서 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 학습 목표로 포함하였다고 응답했습니다.

## 2. 학생들이 이 과학의 본성을 아는 것이 왜 중요한가요?

이 질문에서는 NOS 학습이 학생들의 과학 학습 및 일상에 미치는 영향에 대한 예비교사들의 지식을 탐색함으로써 NOS 학습의 가치에 대한 예비교사의 인식을 확인할 수 있다(Loughran *et al.*, 2006).

현대 과학교육에서는 모든 시민에게 필수적인 과학적 소양의 중요한 요소로 NOS 교육을 강조하고 있다(McComas & Nouri, 2016). 이러한 관점에서 A는 일정 성분비 법칙 단원과 원자의 구조 단원에서 학습 목표로 설정한 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 학생들이 배우면 ‘새로운 지식을 마주할 때 보다 개방적인 자세로 받아들일 수 있을 것’이라고 응답하여, 과학적 소양 측면에서 NOS 교육의 가치를 바르게 인식하는 모습을 보였다.

한편 NOS 학습은 과학에 대한 흥미나 호기심을 향상하는 데에도 효과적이다(Aikenhead, 2006). A는 일정 성분비 법칙 단원 수업에서 학생들이 ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’를, 원자의 구조 단원에서는 ‘과학은 경험적 증거를 기반으로 한다’는 것을 배움으로써 과학에 대한 호기심을 향상할 수 있을 것이라고 생각하는 등 NOS 학습의 이러한 가치를 인식하는 바람직한 모습을 보여주었다.

과학 학습 관점에서 NOS의 학습은 과학 개념 학습을 촉진하고(Lederman, 2007) 시민과 소비자로서 일상 속의 과학을 이해하는 데 도움을 줄 수 있다(Allchin, 2014). 이러한 관점에서 B는 함께 가르치는 과학 개념과 연관 지어 NOS를 가르치는 이유를 떠올렸다. B는 학생들이 일정 성분비 법칙 단원에서 ‘과학은 경험적 증거를 기반으로 한다’는 것을 알면, ‘과학적 법칙과 원리가 단지 암기의 대상이 아니라 실험에 의해 만들어진 것이라는 것을 알고 과학을 덜 어렵게 생각할 것’이라고 기대하였다. 또한 B는 원자의 구조 단원에서 ‘과학 지식은 잠정적이다’, ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’와 같은 NOS를 학습함으로써 학생들이 원자 모형의 변화 과정을 더 잘 이해할 수 있을 것이라고 생각하였다. 즉 B는 수업에서 일정 성분비 법칙이나 원자 모형과 같은 과학 지식을 단순히 결과이자 암기의 대상으로만 다루기보다는 이러한 과학 지식이 어떤 과정을 통해 형성되는지, 또 어떤 특성을 갖는지를 함께 다룸으로써 수업에서 다루는 과학 지식은 물론 과학이라는 학문에 대한 학생들의 이해 또한 향상하는 것을 목표로 하였다.

그러나 A와 B를 제외한 나머지 6명의 예비교사는 이러한 NOS 학습의 가치를 제대로 답변하지 못했다. 예를 들어 C는 일정 성분비 법칙 단원에서 학생들이 ‘관찰은 이론의존적이다’를 배워야 하는 이

유로 ‘어떤 이론에 근거하여 관찰할지에 따라 관찰 결과로부터 얻어 낼 수 있는 결과가 다를 수 있음을 이해’해야 한다고 답변하였다. 즉, NOS를 학습해야 하는 이유로 목표로 하는 NOS의 내용을 구체적으로 풀어서 설명하며 동어반복을 하는 데 그쳤다. 이와 비슷하게 D도 원자의 구조 단원에서 학생들이 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 배워야 하는 이유로 ‘원자의 구조가 처음부터 한 번에 정립되지 않았듯 과학 지식은 언제든지 바뀔 수 있기 때문’이라고 답하였다.

이 연구에서 일부 예비교사가 NOS 학습의 가치를 잘 인식하고 있는 모습을 보인 것은 고무적이다. 그러나 대부분의 예비교사가 NOS 학습의 가치를 제대로 답변하지 못한 결과는 예비교사들이 과학 탐구실험 교과에서 계획하고 실행한 NOS 수업을 분석한 Kim *et al.*(2022)의 연구에서 대부분의 예비교사가 NOS 학습의 가치를 제대로 인식하지 못하고 있었던 결과와도 유사하다. 예비교사들이 NOS 수업을 계획하고 시행하기 위해서는 NOS 학습의 가치 등을 명확하게 인식하고 올바른 NOS 교수 지향을 갖출 필요가 있다. 따라서 예비교사 교육에서 NOS 내용뿐만 아니라 NOS 학습의 가치 등을 다룸으로써 예비교사의 NOS에 대한 교수 전문성을 교수 지향 측면에서도 향상할 필요가 있다.

특히 맥락적 NOS 수업은 B가 응답한 것과 같이 과학 개념의 학습에도 긍정적인 효과를 가져올 수 있다. 맥락적 NOS 수업에서는 과학 개념과 밀접하게 연관된 과학사 사례를 통해 과학 지식이 구성될 때 과학자와 과학자 사회가 겪는 복잡성과 도전을 포함하여 과학 지식이 형성되는 과정을 구체적으로 다룬다(Clough, 2006). 즉, 맥락적 NOS 수업에서는 최종본으로서의 과학 지식만이 아니라 과학의 과정을 통해 NOS를 학습할 수 있으며, 이는 과학 개념의 학습에도 긍정적인 영향을 미친다. 따라서 예비교사 교육을 통해 맥락적 NOS 수업이 가지는 의미와 가치에 대한 교육이 이루어질 필요가 있다.

### 3. 이 과학의 본성을 가르칠 때 어려운 점이나 한계점은 무엇인가요?

이 질문에서는 예비교사들이 NOS를 가르칠 때 겪을 것이라고 예상하는 어려움을 조사한다. 이 질문에 대한 답변은 예비교사들이 예상하는 수업을 통해 생길 수 있는 학생의 잠재적인 오개념 또는 내용을 설명하고 이해를 촉진하는데 방해가 될 수 있는 요소뿐만 아니라 예상한 어려움에 따른 대응 방법도 포함한다. 따라서 주로 학생에 관한 지식과 관련되며 교수전략에 관한 지식 또한 관련될 수 있다(Loughran *et al.*, 2006).

모든 예비교사들이 일상적인 과학 수업에서와 달리 NOS를 가르치 고자 할 때 학생들이 이것을 이해하거나 받아들이는 것 자체가 어려울 것이라고 예상하였다. 또한 일부 예비교사들은 이러한 어려움이 수업 후 과학에 대한 혼란을 가져오는 등 NOS에 대한 잘못된 인식을 형성하는 것으로 이어질 것이라고 예상하기도 했다. 예를 들어 A는 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 배운 학생들이 과학이라는 학문에 대해 혼란을 느낄 수 있을 것이라고 생각했다. C 또한 학생들이 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 배우면 이를 오해하여 ‘과학 지식은 무조건 잘못되었으며 미래에 바뀌는 것’이라고 생각할 수 있다고 우려하였다.

예비교사들의 이러한 우려는 NOS 교수학습에서 학생이 겪을 수 있는 어려움을 고려하였다는 점에서 긍정적이다. 그러므로 학생들의 어려움에 효과적으로 대응할 수 있는 전략을 예비교사 교육에서 체계

적으로 교육할 필요가 있다. 또한 예비교사들의 인식과 달리 NOS 학습은 과학에 대한 흥미를 향상하고 과학에 대한 이해를 높여 과학의 장점과 한계를 명확하게 인식할 수 있도록 한다(Aikenhead, 2006; Lederman, 2007). 따라서 NOS의 학습이 과학 학습 등에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 인식 또한 예비교사들이 갖도록 할 필요가 있다. 특히 예비교사들의 부정적인 인식은 자칫 수업에서 NOS를 가르치지 않으려고 하는 태도로 이어질 수도 있으므로(Leden *et al.*, 2015), 예비교사 교육 단계에서 NOS 학습의 가치를 주의 깊게 교육할 필요가 있다.

한편 맥락적 NOS 수업은 과학 내용에 특이적이므로 비맥락적 NOS 수업보다 교수자에게 더욱 복잡하고 고차원적인 전문성을 요구한다(Allchin *et al.*, 2014; Bell *et al.*, 2016; Clough, 2006). 본 연구에 참여한 예비교사들 또한 NOS를 과학 내용과 함께 가르쳐야한다는 점에서 맥락적 NOS 수업에 많은 어려움을 겪었다. 먼저 8명의 예비교사는 모두 수업 및 차시 내에서 과학 개념과 NOS를 다루는 시간을 분배할 때 어려움을 느꼈다. 이들은 정해진 수업 시간 내에 과학 개념과 NOS 모두를 충분히 다루기는 어렵다고 생각하였으며, 과학 개념과 NOS를 어떤 비율로 다루는 것이 적절한지 고민하였다. 3명의 예비교사는 이 수업에서 NOS를 가르치기 위해서는 과학 개념도 일반적인 과학 수업 때보다 더 자세하게 다루어야 한다고 생각하였으며, 이로 인해 교수자의 부담이 커질 뿐만 아니라 학생들이 수업 내용을 어려워할 것이라고 생각하였다. 또한 C는 과학 수업에서 과학 개념과 NOS를 함께 다루더라도 학생들이 교육과정에 학습 목표로 제시되어 있지 않은 NOS는 중요한 수업 목표라고 생각하지 않고 흘러들어가 것이라고 여기기도 하였다.

교과서에 실험과 관련된 탐구 상황이 등장하는 일정 성분비 법칙 단원에서는 실험과 관련한 예비교사들의 고민도 나타났다. 예비교사들은 학생들이 직접 실험하면 오차가 발생하므로 일정 성분비 법칙을 이끌어내기 어려우며, 이로 인해 학생들이 일정 성분비 법칙뿐만 아니라 이를 통해 배울 수 있는 NOS를 배우는 데에도 문제가 생길 것이라고 생각하였다. C는 이러한 생각으로 실험 관련 활동을 수업 계획에 넣지 않았다.

연구자: “양금 생성 반응 실험 등의 실제 실험을 통한 접근은 실험 결과가 제대로 도출되지 않아서 규칙성을 발견하기 어렵다.”라는 건 일정 성분비 법칙을 가르칠 때 그렇다는 거예요, 아니면 NOS를 가르칠 때 그렇다는 거예요?

C: 둘 다가 될 수 있을 것 같아요. 일정 성분비 법칙을 가르칠 때도 (실험이 잘 안 된다면) 이걸 실험을 통해서 가르치는 게 힘들 것 같고요. 귀납법이라든지 이런 NOS를 가르칠 때, 실험과 같은 관찰을 통해 규칙을 발견하는 것이 귀납법인데 실험이 잘 안 돼서 이를 통해 규칙을 발견하지 못하게 되면 학생들이 ‘이게 무슨 의미가 있냐’ 하고 의문을 가질 것 같아서요.

C를 제외한 7명의 예비교사는 실험 관련 활동을 포함하였다. 그러나 마찬가지로 이유로 인해 학생들이 실험을 수행하도록 한 예비교사는 3명뿐이었으며, 나머지 4명의 예비교사는 실험을 영상으로 대체하거나 일정 성분비 법칙을 만족하는 이상적인 값을 가상의 실험 데이터로 제시하는 방식으로 활동을 구성하였다.

예비교사들의 위와 같은 모습은 실험 결과가 이론적인 값과 다르게

나타났을 때 많은 교사들이 학생들의 개념 이해에 방해가 될 것이라고 인식하여(Moon & Kim, 2009), 실험 결과 중 예상과 일치하는 결과에만 주목하거나, ‘실패한 실험’이라고 평가하고 실험 결과를 무시하거나 원하는 실험 결과를 얻기 위하여 실험 과정을 조정하는 등의 모습을 보이는 것과 유사하다(Cho & Choi, 2018; Han *et al.*, 2011). 그러나 실험에서 이상적인 결과만을 고집하는 교사들의 모습은 오히려 학생들에게 과학이 절대적이고 객관적인 지식이라는 등의 NOS에 대한 오해를 가져올 우려가 있다. 이뿐만 아니라 실험 결과가 다르게 나타난 이유를 설명하는 것은 학생들이 NOS를 학습할 수 있는 추가적인 기회를 제공한다(Nott & Wellington, 1998). 따라서 이러한 점을 고려하여 예비교사 교육의 개선이 이루어질 필요가 있다.

#### 4. 이 과학의 본성을 가르치는 데 영향을 주는 학생들의 생각은 무엇인가요?

이 질문은 학생이 가지고 있는 생각 및 학습 내용에 대한 학생의 반응과 그것이 NOS 교수학습에 어떤 영향을 미칠지에 대한 예비교사의 생각을 알아보는 질문으로, 학생에 관한 지식과 관련된다(Loughran *et al.*, 2006). 이 질문에 대한 답변을 통해 예비교사가 가진 학생들의 선개념과 오개념에 대한 인식, 그리고 학생들의 선개념과 오개념이 교수학습에 어떤 영향을 미칠지에 대한 예비교사의 예상을 파악할 수 있다.

예비교사들은 주로 자신의 학창 시절 경험에 바탕을 둔 학교 과학의 이미지를 근거로 학생들의 NOS에 대한 선개념을 추측하였다. 또 다양한 NOS를 학습 목표로 선택했음에도 일부 NOS에 대해서만 학생들이 오개념을 가지고 있을 것이라고 생각하였다. 예비교사들이 학생들이 오개념을 갖고 있을 것이라고 생각한 NOS는 ‘과학 지식은 잠정적이다’(5명), ‘관찰은 이론의존적이다’(3명), ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’(2명)이었다. 특히 ‘과학 지식은 잠정적이다’의 경우, 가장 많은 예비교사(5명)가 학생들이 과학을 변하지 않는 절대적인 지식으로 여길 것이라고 생각하였다. A, B, C, D, F는 학생들이 이제까지 수업시간에 교사 중심으로 다룬 과학지식을 무비판적으로 참이라고 받아들인 관성적인 경험으로 인해 학생들이 과학을 절대적이라고 생각할 것이라고 생각하였다. 이외에도 예비교사들은 학생들이 ‘관찰은 객관적이고 절대적이라고 생각할 것’이라거나(3명), ‘과학 개념은 천재 과학자 한 명에 의해 발전한다고 생각할 것’이라고 여겼다(2명).

그러나 예비교사들은 나머지 NOS에 대해서는 학생들이 오개념을 갖고 있을 거라고 생각하지 않았다. 예를 들어 ‘과학 지식은 자연 현상에 대한 설명체계이다’(D), ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’(A)와 같은 NOS는 학생들이 다양한 방면에서 접한 경험으로 인해 자연스럽게 알고 있을 것이라고 추측하였다. D는 일상과 매체 및 교과서에서 이론을 통해 실험 결과나 과학적 현상을 설명하는 경우를 많이 다루고 있기 때문에 학생들이 자연 현상을 설명하고 예측하는 것이 과학의 주 역할일 것이라고 생각하고 있을 것이라고 예상하였다. A는 원자의 구조 단원에서 학습 목표로 설정한 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’에 대한 학생들의 생각을 ‘지금까지 교육과정에서 과학 지식을 배우며 관련된 실험을 함께 배웠기 때문에 경험적 증거를 기반으로 함을 자연스럽게 받아들일 것’으로 CoRe에 작성하였으며, 면담

에서도 다음과 같이 응답하였다.

A: 과학 지식이 잠정적이라는 말은 처음 듣는 애들이 있을 수 있는 거 같아요. 근데 이제 과학이 경험적 증거를 기반으로 한다는 말을 처음 듣는 학생은 없을 거 아니에요. 과학이 경험적 증거를 기반으로 한다는 말 자체는 어려워하지 않을 거라고 생각을 하는데... (잠정성이랑 비교했을 때) 이게 약간 얼마나 많이 노출되었냐의 차이인 것 같긴 해요.

NOS의 학습은 명시적인(explicit) 교수가 이루어졌을 때 효과적으로 일어날 수 있다(Akerson & Abd-El-Khalick, 2003; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 그러나 많은 연구에서 학교 현장에서 NOS 수업이 잘 이루어지지 않음을 지적한 점을 미루어 보아(Byun *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2020; Schwartz & Lederman, 2002), ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’ 등의 NOS를 학생들이 올바르게 이해하고 있을 것이라는 예비교사들의 생각은 선부른 추측일 수 있다. 실제로 영재학생의 NOS에 대한 인식을 조사한 Park & Hong의 연구에 의하면 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’에 대한 학생들의 인식은 오히려 ‘과학 지식은 잠정적이다’에 대한 인식보다 전반적으로 훨씬 전통적이었다(Park & Hong, 2011). 따라서 후속 연구를 통해 학생들의 NOS에 대한 이해를 체계적으로 조사하고 이를 바탕으로 교사교육에서 NOS 교수 전문성 계발을 위해 활용할 수 있는 교육 자료를 개발할 필요가 있다.

한편 일부 예비교사는 과학 개념과 함께 NOS를 가르쳐야 하는 맥락적 NOS 수업의 특성으로 인해 과학 개념에 대한 선개념이나 오개념, 그리고 학생들의 인지 발달 단계 등이 NOS 학습에 영향을 미칠 것이라고 생각하기도 했다. 먼저 E는 원자의 구조 수업을 할 때 중학교 과학에서 배운 입자 개념을 NOS를 가르칠 때 고려할 선개념으로 꼽았다. B는 일정 성분비 법칙 수업에서 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’를 가르칠 때 학생들이 비례 논리를 이해하고 있어야 일정 성분비 법칙을 제대로 배울 수 있다고 생각했으며, 일정 성분비 법칙의 학습이 관련된 NOS 학습으로 이어진다고 생각했다. 이와 같이 NOS를 가르치기 위해서 NOS 이외에 과학 개념이나 학생들의 인지 발달 단계 등을 고려하는 것은 과학 개념과 NOS를 함께 가르친다는 점에서 수준 높은 전문성을 요구하는 맥락적 NOS 수업의 특징이라고 할 수 있다.

#### 5. 이 과학의 본성을 가르치기 위한 교수 전략과 이 전략을 사용하는 이유는 무엇인가요?

이 질문은 NOS 학습 목표에 대한 예비교사의 구체적인 교수 계획을 알아보기 위한 질문으로, 이 질문에 대한 답변은 예비교사들이 NOS를 효과적으로 가르치기 위하여 계획한 수업 절차와 활동에 대한 구체적인 설명과 교수 계획의 의도를 모두 포함한다. 따라서 답변으로부터 예비교사들이 가진 교수전략에 관한 지식을 탐색할 수 있다(Loughran *et al.*, 2006). 앞서 언급한 바와 같이 NOS 교수는 명시적으로 이루어졌을 때 효과적이다(Akerson & Abd-El-Khalick, 2003; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 예비교사들은 수업 계획에서 NOS를 효과적으로 가르치기 위해 다양한 전략을 사용했으나 NOS를 명시적으로 다루는 경우는 많지 않았다.

일정 성분비 법칙 단원에서 C를 제외한 모든 예비교사는(7명) 산화구리 연소 실험을 활용한 다양한 전략으로 NOS를 가르치고자 하였다. 예를 들어 B는 실험 관련 활동 후 결과를 그래프로 그려봄으로써 규칙성을 찾고, 이로부터 일정 성분비 법칙을 도출하도록 하는 활동을 구성하였다. 즉, 자신을 과학자로 가정하여 실험을 하고 실험에서 얻은 자료로 과학적 법칙을 도출한 경험을 통해 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’ 등의 NOS를 학습할 수 있을 것이라고 하였다. 또한 B는 실험과 관련된 활동이 끝나고 학생들에게 실험을 통해 어떻게 이론을 만들게 되었는지 질문하고 이에 대한 학생들의 답변을 정리하여 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’는 NOS를 제시하는 등 목표로 한 NOS를 명시적으로 다루려는 모습을 보였다. F 또한 B와 비슷하게 실험 관련 활동을 구성하고, 학생들이 실험을 진행하면서 구리와 산소의 질량 사이의 관계를 발견함으로써 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’ 등의 NOS를 배울 수 있을 것이라고 생각하였다. 그러나 F는 B와 달리 이 활동을 통해 일정 성분비 법칙만을 도입하는 것에 그쳤고 활동과 관련하여 NOS를 명시적으로 다루려는 모습은 보이지 않았다.

또한 4명(A, C, D, F)의 예비교사는 프루스트와 베르톨레의 일화를 통해 ‘과학 지식은 잠정적이다’와 ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’와 같은 NOS를 학생들이 느껴보게 하였다. 예를 들어 A는 프루스트와 베르톨레의 일화가 과학이 과학자 사이의 합의로 이루어짐을 알려주는 좋은 예시라고 생각하였다. 따라서 A는 이 일화를 수업 정리 단계에서 학생들에게 알려주고, 이와 함께 ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’는 NOS를 명시적으로 다루고자 하였다. 반면에 D는 A와 비슷하게 수업 정리 단계에서 프루스트의 일화를 다루었지만 목표로 한 ‘과학 지식은 잠정적이다’ 등의 NOS를 명시적으로 다루지는 않았다.

이처럼 예비교사들은 NOS를 효과적으로 가르치기 위하여 실험이나 과학사를 활용한 다양한 전략을 적극 활용하였으나 목표로 한 모든 NOS를 명시적으로 다룬 예비교사는 C뿐이었다. 나머지 7명의 예비교사 중 4명(D, E, F, G)은 목표로 한 모든 NOS를 명시적으로 다루지 않았다. 이때 이들이 NOS를 명시적으로 다루지 않았던 이유는 학생들이 실험이나 과학사를 통해 NOS를 ‘깨달을 수 있다’거나 ‘느낄 수 있다’와 같이 학생들이 자발적으로 NOS를 학습할 수 있을 것이라고 생각했기 때문이다. 예를 들어 D는 수업 정리 단계에서 베르톨레와 프루스트의 논쟁을 설명하였는데 이를 통해 학생들이 이론의 발전 과정을 ‘깨달을 것’이라고 생각하였기 때문에, 이를 명시적으로 다루지 않았다.

D: (과학사를 설명하면) 역사의 흐름이라는 게 있으니까 학생들이 시대 흐름 순으로 차근차근 바뀌어 가는 걸 직접적으로 관찰할 수 있다고 생각했습니다.

연구자: (NOS를) 학생이 체감하는 건가요, 아니면 교사가 설명하는 건가요?

D: 학생이 체감하면 제일 좋다고 생각합니다.

3명의 예비교사 A와 B, H는 일부 NOS를 명시적으로 다루지 않았다. 이들이 일부 NOS를 명시적으로 다루지 않았던 이유 또한 학생들이 스스로 NOS를 학습할 수 있을 것이라고 생각했기 때문이었다. 예를 들어 H는 이 수업에서 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’와 ‘과학

지식은 자연 현상에 대한 설명 체계이다’, 그리고 ‘관찰은 이론의존적이다’를 학습 목표로 선정하였다. 그러나 이 중 H가 수업에서 명시적으로 다루고자 한 NOS는 수업 정리 단계에서 교사의 설명을 통해 다른 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’ 뿐이었다. 나머지 두 NOS의 경우 학생들이 수업 중 실험 영상을 보고 교과서의 실험 결과를 해석해보는 활동을 통해 가설 설정부터 일반화까지의 과정을 체험해봄으로써 ‘느낄 수 있을 것’으로 생각했다.

원자의 구조 단원에서도 유사한 모습이 나타났다. 이 단원에서는 모든 예비교사들이 교과서에 제시된 과학사를 활용함으로써 학생들이 원자의 구조의 변천사를 통해 ‘과학 지식은 잠정적이다’, ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’와 같은 NOS를 배우기를 기대하였다. 예를 들어 C는 이 수업에서 원자의 구조가 변화한 과학사를 제시하면서, 학생들이 ‘과학자들의 실험, 결론을 따라가며 과학 지식이 형성되는 과정을 경험하고 자연스럽게 과학의 본성을 학습’할 수 있을 것이라고 생각하였다. 그러나 원자의 구조 수업에서도 3명(A, E, G)의 예비교사가 NOS를 명시적으로 다루지 않는 모습을 보였다. 예를 들어 E는 러더퍼드의 알파 입자 산란 실험과 태양계 모형을 설명하고 관련하여 조별로 토의하고 발표하게 하는 수업을 구성하였지만, 이 수업의 목표로 선정된 ‘과학 지식은 잠정적이다’ 등의 5가지 NOS는 모두 명시적으로 다루고자 하지 않았다. 나머지 5명의 예비교사 중에서도 2명의 예비교사(D와 F)는 학습 목표 중 일부의 NOS만을 명시적으로 다루었다.

예비교사들이 학생들의 NOS 학습을 촉진하기 위해 질문, 자료 분석, 토의, 발표 등 실험이나 과학사를 활용한 다양한 전략을 활용한 것은 고무적이다. 그러나 많은 예비교사들의 수업 계획이 NOS를 명시적으로 다루지 못했다는 뚜렷한 한계가 있었다. 이때 예비교사들이 NOS를 명시적으로 다루지 않았던 이유는 학생들이 과학사를 통해 NOS를 ‘느낄 것’이라고 생각하거나, 실험 관련 활동을 통해 ‘깨달을 것’이라고 생각했기 때문이다. 그러나 이러한 예비교사들의 인식은 명시적 접근에 대한 이해가 부족한 전형적인 모습이라고 할 수 있다. 학생들이 오랜 시간 동안 다양한 맥락에서 과학 탐구를 경험하고 학습하더라도 명시적인 접근이 이루어지지 않는다면 학생들이 스스로 NOS를 깨닫거나 학습하는 것은 어렵다(Akerson & Abd-El-Khalick, 2003; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 마찬가지로 본 연구에서 예비교사들이 활용한 실험이나 과학사를 포함한 학생 중심의 활동에서도 NOS를 명시적으로 다루지 않을 경우 NOS 학습이 효과적으로 이루어지기는 어렵다고 할 수 있다. 그러므로 NOS 교수가 명시적으로 이루어져야 한다는 점을 예비교사 교육에서 강조할 필요가 있다.

한편, 예비교사들이 NOS를 명시적으로 다루지 않은 또 다른 이유를 살펴보기 위해 D의 사례를 살펴볼 수 있다. D는 다른 예비교사들과 마찬가지로 학생들이 NOS를 ‘느껴보게 하는 것’에 긍정적인 인식을 가졌으나 동시에 NOS를 교사가 설명하는 것에 반감을 가져 의도적으로 수업에서 NOS를 명시적으로 다루는 것을 피하려고 하였다. 즉, D의 경우 명시적 접근을 학생 중심의 구성주의적 수업관과 어긋나는 교사 중심의 강의식 설명으로 오해한 것으로 보인다. D의 사례를 다른 예비교사들에게도 확장해보면 이들은 학생들에게 반성적 기회를 제공함으로써 학생 중심적인 방법으로 NOS를 교수하는 방법을 생각하지 못했으며, 이에 따라 NOS를 학생 중심적인 방법으로 교수하기 위한 대안으로 ‘느껴보게’ 하는 전략을 선호한 것으로 보인다.

그러므로 예비교사들에게 반성적 전략을 중심으로 NOS 교수의 명시적 접근 방법을 가르칠 필요가 있다.

## 6. 이 과학의 본성에 대한 학생들의 이해와 어려움을 확인하는 방법은 무엇인가요?

이 질문은 예비교사가 학생의 NOS에 대한 학습 진행 상황과 이해를 추적하고 수업의 효과를 확인하는 방법을 조사하기 위한 것으로, 예비교사가 적절하다고 생각하는 평가 영역과 평가 방법, 평가 기준 등 평가 전략을 드러낸다. 따라서 이 질문에 대한 답변을 통해 예비교사의 평가에 대한 지식을 확인할 수 있다(Loughran *et al.*, 2006). 효과적인 NOS 교수학습을 위해서는 NOS 교수뿐만 아니라 NOS에 대한 평가 또한 교사의 계획에 따라 의도적으로 실행될 필요가 있으며 이때 NOS를 과학 개념이나 과학사 등의 영역과 구별하여 명시적으로 평가할 필요가 있다(Kim *et al.*, 2023).

그러나 2명의 예비교사(A, C)만이 모든 NOS 학습 목표에 대해 평가를 제시하였다. A는 ‘과학 지식은 잠정적이다’나 ‘과학 지식은 사회적인 합의로 구성된다’ 등의 NOS에 대한 이해는 O/X 퀴즈를 통해 평가하고자 하였고, ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’의 경우 과학사에서 NOS를 연결 지을 수 있는 질문을 통해 학생의 이해를 끌어내고자 하였다. C는 NOS에 대한 이해를 지필평가로 확인하기는 어렵다고 생각하였으며, 대신 학생들에게 NOS를 직접적으로 물어보으로써 NOS에 대한 이해를 확인하고 이를 더 익숙하게 느낄 수 있도록 하였다.

나머지 6명의 예비교사 중 4명의 예비교사(B, D, E, H)는 선정한 NOS 학습 목표 중 일부분을 평가하였으며, 2명의 예비교사(F, G)는 어떠한 NOS 학습 목표도 평가하지 않았다. 이때 이들이 NOS 학습 목표를 평가하지 않은 이유는 NOS가 아닌 과학 개념이나 과학사에 대한 평가를 통해 NOS에 대한 이해 또한 평가할 수 있을 것이라고 생각했기 때문이다. 예를 들어 B는 일정 성분비 법칙 수업에서 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’와 ‘과학은 예측하고 설명한다’는 NOS 학습 목표를 선정하였다. 이 중 ‘과학은 예측하고 설명한다’의 경우 학생들이 수업에서 일정 성분비 법칙에 대한 적용 문제를 풀 수 있다면 이 NOS를 이해한 것이라고 생각하여 추가적으로 NOS에 대한 이해를 확인하는 평가를 계획하지 않았다. G의 경우, 원자의 구조 수업에서 학생들이 자신만의 원자 모형을 그려보게 하고 서로 공유해 보도록 하는 활동을 구성하였다. G는 활동을 통해 학생들이 모형을 그리고 설명하고 이야기하는 과정에서 목표로 하는 NOS에 대한 이해를 획득할 수 있다고 생각하였으며, 이 활동을 어려움 없이 해내는 것 자체가 NOS를 이해하고 있다는 것과 같다고 생각하여 NOS에 대한 평가는 구성하지 않았다.

연구자: 교사가 이 활동에서 어떻게 NOS에 대한 학생들의 이해를 확인할 수 있을까요?

G: 결국 이 활동 과정을 어려움 없이 해내는 것 자체가 이 (NOS) 내용들을 다 포함하고 있다고 생각했거든요.

한편, 교수 전략에서는 NOS에 대한 명시적 접근이 부족하게 나타난 경우임에도 평가에서는 NOS를 명시적으로 평가하는 예비교사도

(A, D) 있었다. 즉 평가 전략과 관련된 CoRe 질문을 통해 예비교사들이 명시적인 접근을 시도하려는 경향이 나타났다. A는 원자의 구조 수업 계획에서 ‘과학 지식은 잠정적이다’와 ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’를 명시적으로 다루려는 모습이 부족했는데, 이 질문에서는 NOS를 명시적으로 평가하는 방법을 제시하였다. 예를 들어 ‘과학 지식은 잠정적이다’를 평가하는 방법으로는 ‘추후에 원자를 구성하는 새로운 입자가 존재함이 밝혀져서 원자 모형이 달라질 수 있을까?’라는 OX 퀴즈를 제안하였으며, ‘과학은 경험적 증거를 중시한다’를 평가하는 방법으로는 ‘러더퍼드도 질량이 비교적 큰 중성의 입자가 핵 안에 들어있을 것이라고 예측하였으나, 왜 이 예측만으로 중성자의 존재가 입증되지 못했는지’를 물어보는 것을 제시하였다. 두 예비교사가 수업에서 NOS를 명시적으로 다루지 않았음에도 이 질문에서 평가에 대해 명시적 접근을 취한 것은 CoRe에서 명확하게 평가와 관련된 질문을 제시함으로써 예비교사들이 교육과정 상의 과학 개념 및 과학사뿐 아니라 NOS의 학습이라는 수업의 목적을 되돌아보고 이에 따른 평가를 계획하게 된 것으로 보인다. 이러한 결과는 예비교사들에게 NOS 수업에서 평가를 계획해 보도록 하는 것이 이들로 하여금 명시적 접근을 시도하도록 하는 좋은 계기를 제공할 수 있음을 보여준다. 특히 앞선 결과에서 명시적 접근에 대한 예비교사들의 이해가 대체적으로 부족한 것으로 나타났으므로, 이러한 결과는 교사 교육에 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

## IV. 결론 및 제언

NOS는 지금까지 과학적 소양의 함양을 위한 중요한 요소로 강조 되어 왔으나, 학교 현장에서 효과적인 NOS 수업이 이루어지지 않는 못 하였다. 이때 과학교사들이 과학 내용과 NOS를 통합하여 가르치는 맥락적 NOS 수업에 대한 전문성을 갖춘다면 일상적인 과학 수업에서 더욱 쉽게 NOS를 가르칠 수 있을 것이다. 이에 이 연구에서는 예비과 학교사의 맥락적 NOS 수업에 대한 전문성을 PCK 관점에서 조사하였다. 연구 결과, 예비교사들은 NOS를 가르치는 맥락에 따라 서로 다른 NOS 학습 목표를 선택하였다. 일부 예비교사는 교과서에서 다루지 않는 과학사를 수업 계획에 추가하여 NOS를 가르치고자 하였다. 많은 예비교사들이 선정한 NOS 학습 목표를 학생들이 배워야 하는 이유를 과학적 소양의 관점에서 제대로 답변하지 못했다. 한편, 모든 예비교사들이 수업에서 NOS를 가르칠 때 학생들이 이를 이해하거나 받아들이는 데 어려움을 겪을 것이라고 예상하였다. 또한 예비교사들은 수업에서 과학 내용과 NOS를 같이 다루는 데 어려움을 느꼈으며, 실험에서의 오차가 NOS 학습에 부정적인 영향을 줄 것이라고 생각하여 실험을 수행하지 않으려는 모습을 보였다. 예비교사들은 자신의 경험을 바탕으로 학생들의 NOS에 대한 선개념과 오개념을 추측하였으며, 학생들의 과학 개념이나 인지 발달 단계가 NOS 학습에 영향을 미칠 것이라고 생각하기도 했다. 교수 전략 측면에서 예비교사들은 NOS를 효과적으로 가르치고자 실험이나 과학사를 활용한 다양한 전략을 사용했지만, 학생들이 수업을 통해 NOS를 깨달을 것이라고 생각하여 명시적으로 다루지 않는 경우가 많았다. 평가 전략 측면에서도 수업에서 다루는 NOS를 평가하고자 하는 예비교사는 적었다. 그러나 교수 전략 측면에서 NOS에 대한 명시적 접근이 부족하였음에도 평가 전략에 관한 질문에 답하는 과정에서 NOS를 명시적

로 다루려고 하는 예비교사도 있었다. 이상의 결과를 바탕으로 예비교사 교육을 위한 시사점을 제안하면 다음과 같다.

먼저 맥락적 NOS 수업에 특이적인 예비교사들의 전문성 향상을 위한 별도의 집중적 교육이 필요할 것으로 보인다. 맥락적 NOS 수업은 학교 현장에서 NOS 교수를 적극적으로 실천할 수 있는 유용한 방법이지만 예비교사들은 과학 개념과 NOS를 함께 가르친다는 점에서 맥락적 NOS 수업에 어려움을 겪었기 때문이다. 예를 들어 과학 개념과 NOS를 수업에서 각각 얼마만큼 다루어야 할지 고민하였으며, NOS를 효과적으로 가르치기 위해서는 과학 개념에 대한 학생들의 선개념이나 오개념도 고려할 필요가 있다고 생각하였다. 예비교사들이 겪은 이러한 어려움은 비맥락적 수업에 비해 수준 높은 전문성을 요구하는 맥락적 수업의 특징과 관련이 깊다고 할 수 있다. 그러므로 맥락적 NOS 수업에서 나타난 어려움을 극복할 수 있도록 돕는 등 예비교사 교육 단계에서부터 맥락적 NOS 수업을 효과적으로 수행하도록 교육할 필요가 있을 것이다.

예비교사들의 어려움 해소를 돕기 위해서는 교육과정과 교과서의 개선도 필요해 보인다. 2015 개정 과학과 교육과정의 경우 교수·학습 및 평가의 방향에서 “과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다.”라고 서술하고 있으나(MOE, 2015) 구체적으로 어떤 내용에서 어떤 NOS를 가르쳐야 하는지 등에 대한 서술은 부재하다. 예비교사들이 실험과 과학사를 포함하는지에 따라 특정 NOS만을 다루고 다양한 NOS를 다루지 못했던 것이나 학생들이 과학 개념에 비해 NOS는 중요하게 여기지 않을 것 같다고 생각한 것과 같이 예비교사들이 겪었던 어려움의 많은 부분이 과학과 교육과정에서 NOS와 관련된 내용을 구체적으로 제시하지 않은 것과 관련이 깊다고 할 수 있다. 따라서 NOS 교수와 관련된 내용 또한 구체적으로 다루는 방향으로 교육과정을 개선할 필요가 있으며, 교과서를 비롯한 교수학습 자료 또한 이에 맞게 개발할 필요가 있다. 교육과정과 교과서의 개선은 예비교사뿐 아니라 이미 학교 현장에서 과학 수업을 실행하고 있는 현직교사의 수업 또한 개선하는 효과를 가져올 수 있을 것이다. 교육과정과 구체적인 교수학습 자료의 개선을 위해서는 미국의 NGSS와 WSS에 기반하여 교수학습 자료를 개발하는 OpenSciEd 프로젝트를 참고할 수 있다. NGSS는 K-12 교육과정에 다루어야 할 NOS를 구체적으로 명시하고 이에 따른 성취기준을 학교급에 따라 수준별로 나누어 제시하고 있다. 또한 OpenSciEd는 NGSS에서 제시한 NOS의 성취기준에 근거하여 각 차시 수업에서 과학 개념과 함께 NOS 학습을 위한 구체적 목표와 활동 등을 포함하고 있다.

또한 맥락적 NOS 수업에 특이적인 전문성과 별개로 NOS에 대한 교수지향이나 교수 및 평가 전략 등 NOS 수업을 위한 일반적인 전문성 또한 교육이 필요하다. 과학교육 분야에서 NOS를 강조하기 시작한 이래로 중등교사 임용 시험에서 NOS와 관련된 내용을 다룸에 따라 사범대학의 예비교사 교육과정에서도 NOS를 가르치고 있다. 그러나 지금까지는 NOS에 대한 예비교사의 이해를 높이는 것에만 주로 초점을 맞추어왔다. 이에 따라 이 연구에 참여한 예비교사들도 NOS에 대한 이해는 어느 정도 갖췄으나 NOS를 효과적으로 가르치기 위한 수업을 구성하는 데 많은 부족함이 드러났다. 예를 들어 교수지향의 관점에서는 특정 NOS를 가르치기 위한 수업을 계획하였음에

도 불구하고 이 NOS를 학습하는 것이 학생들에게 어떠한 가치가 있는 것인지는 답하지 못했으며, NOS 수업이 과학에 대한 혼란이나 잘못된 인식을 가져올 것이라고 여기는 등의 오해도 드러났다. 교수 및 평가 전략의 관점에서는 NOS를 명시적으로 다루지 않고 평가하지 않으려는 모습이 나타났다. 따라서 NOS에 대한 이해뿐 아니라 NOS 수업 전문성에 대한 별도의 교육도 예비교사 교육과정에 포함할 필요가 있다. 예를 들어 예비교사들에게 NOS는 명시적으로 다루어야 한다는 점을 강조하고 교수 및 평가를 위한 전략을 직접 계획 및 실행해 볼 기회를 제공할 수 있을 것이며, 과학적 소양 교육의 관점에서 NOS 교육에 대한 교수지향을 개선하기 위한 장기적인 노력도 이루어질 필요가 있다.

마지막으로 다음과 같은 후속 연구가 필요하다. 먼저 본 연구는 여러 명의 예비교사를 대상으로 이들이 계획한 수업을 PCK 관점에서 CoRe를 이용하여 탐색하였다. 그러므로 후속 연구에서는 소수의 예비교사를 대상으로 이들의 수업 계획뿐 아니라 실행까지 분석하여 PCK를 더욱 심층적으로 조사해야 할 것이다. 예비교사들의 수업 실행을 분석하기 위해서는 모의 수업만이 아니라 교육실습 등의 기회를 통해 실제 수업 계획과 실행을 분석할 수도 있다. 또 앞서 언급한 바와 같이 교수지향을 비롯한 수업 전문성은 NOS에 대한 이해와 별도로 집중적인 교육이 필요해 보이므로, 예비교사들의 NOS에 대한 이해와 수업 전문성의 관계를 심층적으로 조사하는 연구도 필요할 것이다. 예를 들어 예비교사 교육 단계에서 이들의 NOS에 대한 이해가 향상함에 따라 NOS에 대한 교수지향과 교수태도 등은 어떻게 변화하는지 등을 조사할 수 있다.

## 국문요약

이 연구에서는 예비과학교사가 계획한 맥락적 NOS 수업을 PCK 관점에서 분석하였다. 서울특별시 소재 사범대학에서 교육과정을 모두 이수한 예비과학교사 8명이 연구에 참여하였다. 이들이 작성한 CoRe와 교수학습 지도안을 수집하고 면담을 실시하였다. 분석적 귀납법을 활용하여 수집한 자료를 분석하였다. 연구 결과, 예비교사들이 학습 목표로 선택한 NOS는 수업 주제보다는 NOS를 가르치는 맥락에 따라 다르게 나타났다. 또한 예비교사들은 NOS 학습의 가치를 잘 답변하지 못했다. 모든 예비교사가 학생들이 NOS를 잘 이해하지 못할 것을 우려하였으며, NOS를 과학 내용과 함께 다룬다는 점에서 많은 어려움을 느꼈다. 예비교사들은 학생들이 직접 실험을 하면 오차로 인해 학생들이 NOS를 배우는 데 문제가 생길 것이라고 생각하였다. 한편 예비교사들은 자신의 경험을 근거로 학생들의 NOS에 대한 선개념과 오개념을 추측하였으며, 과학 개념이나 학생의 인지 발달 단계가 NOS 학습에 영향을 미칠 것이라고 생각하기도 했다. 교수 전략 측면에서 NOS를 가르치기 위해 다양한 전략을 사용했음에도 불구하고 NOS를 명시적으로 다루지는 않는 경우가 많았다. 평가 전략 측면에서도 수업에서 다루는 NOS를 평가하지 않으려는 모습이 나타났다. 이상의 결과를 바탕으로 예비교사 교육을 위한 시사점을 제안하였다.

**주제어** : 2015 개정 교육과정, 맥락적 NOS 수업, 과학의 본성(NOS), PCK

## References

- 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.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Akerson, V. L., & Abd-El-Khalick, F. (2003). Teaching elements of nature of science: A yearlong case study of a fourth grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1025-1049.
- Allchin, D. (2014). From science studies to scientific literacy: A view from the classroom. *Science & Education*, 23(9), 1911-1932.
- Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. *Science Education*, 98(3), 461-486.
- Bell, R. L., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 563-581.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. (2006). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods*. Allyn & Bacon.
- Byun, T., Baek, J., Shim, H.-P., & Lee, D. (2019). An investigation on the implementation of the 'Scientific Inquiry Experiment' of the 2015 Revised Curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(5), 669-679.
- Cho, Y., & Choi, W. (2018). Comparison of pre-service science teachers' epistemological views and pre-service science teachers' responses on the discrepant cases. *School Science Journal*, 12(3), 297-308.
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28(3-5), 205-248.
- Demirdöğen, B., Hanuscin, D. L., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Köseoğlu, F. (2016). Development and nature of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge for nature of science. *Research in Science Education*, 46(4), 575-612.
- French, M. (2012). Using the Science Museum's 'Mystery Boxes' as a model for science and 'How science works'. *School Science Review*, 94(347), 15-16.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28-42). Routledge Press.
- Han, S., Lee, I., Kang, S., & Noh, T. (2011). An investigation of elementary school teachers' epistemological beliefs about science on the bases of their strategies for coping with critical incidents. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(1), 61-70.
- Hanuscin, D. L., Lee, M. H., & Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145-167.
- Kang, K.-H. (2013). Analysis of pre-service science teachers' views on the philosophy of science. *Journal of Education Science*, 15(1), 69-84.
- Kang, K.-H. (2020). The effect of science history learning and lesson demonstration using science history on pre-service biology teachers' perception about the nature of science. *Biology Education*, 48(2), 155-167.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). The influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Kim, M., Kim, H., & Noh, T. (2022). An analysis of pre-service science teachers' NOS lesson planning and demonstration: In the context of 'Science Inquiry Experiment' developed under the 2015 Revised National Curriculum. *Journal of the Korean Chemical Society*, 66(2), 150-162.
- Kim, M., Kim, H., Jang, J., & Noh, T. (2023). A case study on science teachers' implementation of nos assessments in 'scientific inquiries in the history' of science inquiry experiment. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 43(3), 191-207.
- Kim, M., Shin, H., Noh, T. (2020). An exploration of science teachers' NOS-PCK: Focus on Science Inquiry Experiment. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(4), 399-413.
- Kim, S. Y. (2010). Exploring preservice science teachers' views of the nature of science: biology vs. non-biology teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(2), 206-217.
- Kim, S. Y. (2016). Construction of preservice biology teachers' NOS pedagogical content knowledge within biology teaching context. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(1), 147-158.
- Kim, S. Y. (2020). The effect of PCK based NOS program using the context of science inquiry experiment for preservice science teachers. *Biology Education*, 48(1), 76-87.
- Leden, L., Hansson, L., Redfors, A., & Ideland, M. (2015). Teachers' ways of talking about nature of science and its teaching. *Science & Education*, 24(9-10), 1141-1172.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. *Handbook of Research on Science Education*, 2, 831-879.
- Lee, J., Park, Y., & Jeong, D. (2016). Exploring the level of nature of science and its degree of revising curriculums: The case of the 7th and 2009 Revised Curriculums. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 9(2), 217-232.
- Lim, C.-H., Kim, H.-J., Lee, S.-H. (2004). Preservice and inservice teachers' perception on the nature of science. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 23(4), 297-304.
- Loughran, J. (2006). *Developing a pedagogy of teacher education: Understanding teaching and learning about teaching*. Routledge.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301-1320.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Kluwer.
- McComas, W. F., & Nouri, N. (2016). The nature of science and the next generation science standards: Analysis and critique. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 555-576.
- Ministry of Education (MOE) (2015). *2015 Revised Science National Curriculum*. Seoul: Ministry of Education.
- Ministry of Education (MOE) (2022). *2022 Revised Science National Curriculum*. Sejong: Ministry of Education.
- Moon, K.-W., & Kim, Y.-S. (2009). Secondary biology teachers' experiences and opinions of experiments on photosynthesis and respiration. *The Korean Journal of Biological Education*, 37(2), 269-286.
- Nam, J., Mayer, V. J., Choi, J., & Lim, J. (2007). Pre-service science teachers' understanding of the nature of science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(3), 253-262.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nott, M., & Wellington, J. (1998). Eliciting, interpreting and developing teachers' understandings of the nature of science. *Science & Education*, 7, 579-594.
- Olson, J. K. (2018). The inclusion of the nature of science in nine recent international science education standards documents. *Science & Education*, 27(7), 637-660.
- Padilla, K., & van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: The case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367-378.
- Park, E., & Hong, H.-G. (2011). Analyzing science-gifted middle school students' understandings of nature of science (NOS). *Journal of Gifted/Talented Education*, 21(2), 391-405.
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941.
- Sahin, E. A., & Deniz, H. (2016). Exploring elementary teachers' perceptions about the developmental appropriateness and importance of nature of science aspects. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(9), 2673-2698.
- Schwartz, R. S., & 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.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14.
- Song, J., Kang, S., Kwak, Y., Kim, D., Kim, S., Na, J., ... Jung, Y. (2019). Contents and features of 'Korean Science Education Standards (KSES)' for the next generation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(3), 465-478.
- Sweeney, S. J. (2010). Factors affecting early elementary (K-4) teachers' introduction of the nature of science: A national survey. [Unpublished doctoral dissertation]. University of Arkansas.
- Williams, J., Eames, C., Hume, A., & Lockley, J. (2012). Promoting pedagogical content knowledge development for early career secondary teachers in science and technology using content representations.

## 저자정보

김혜린(서울대학교 학생)  
노태희(서울대학교 교수)  
김민환(서울대학교 교육융합연구원 객원연구원)