



## 과학교사의 과학의 본성 수업에 대한 교과교육학 지식(NOS-PCK) 탐색 -과학탐구실험을 중심으로-

김민환, 신해민, 노태희\*  
서울대학교

### An Exploration of Science Teachers' NOS-PCK: Focus on Science Inquiry Experiment

Minhwan Kim, Haemin Shin, Taehee Noh\*  
Seoul National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 27 May 2020  
Received in revised form  
23 June 2020  
22 July 2020  
7 August 2020  
Accepted 8 August 2020

##### Keywords:

nature of science,  
PCK,  
science teacher

#### ABSTRACT

In this study, we analyzed science teachers' NOS-PCK in Science Inquiry Experiment lessons. Four science teachers in charge of Science Inquiry Experiment in high schools located in the Seoul metropolitan area participated in the study. NOS Lessons were observed, all of the teaching-learning materials were collected, and semi-structured interviews were conducted. All the collected data were analyzed according to five factors of NOS-PCK. As a result of the study, their understanding and consideration of the curriculum related to NOS were insufficient in some cases. They thought that given inquiry activities or textbook composition was not effective for NOS teaching so that they actively reconstructed the curriculum. In terms of teaching strategies, their lessons were close to explicit approaches. However reflective approaches were generally lacking. They were neglected in evaluating NOS for reasons that views of NOS are individually subjective or that NOS is not an area of cognitive learning. They guessed the state of students by relying on their own experiences rather than based on evaluation results. They recognized a specific aspect of values of NOS learning. And intention to teach NOS played an important role throughout their classes. Based on the above results, we discuss some ways to improve the professionalism of science teachers for NOS teaching.

## 1. 서론

과학의 본성(nature of science; 이하 NOS)은 과학에 대한 인식론으로, 과학 지식이 어떻게 형성되고 변화하는지 그리고 이렇게 생성된 과학 지식이 어떠한 가치와 한계를 갖는지와 같은 과학 지식의 특성을 의미한다(Lederman, 1992; McComas *et al.*, 1998). 그런데 과학 지식은 사회의 구성원 중 하나인 과학자들이 수행하는 탐구에 의해 발달하고 이 과정에서 다양한 사회문화적 배경에도 영향을 받는다. 따라서 NOS를 이해하기 위해서는 과학 지식 자체의 특성만이 아니라 과학자와 과학자의 탐구 방법, 과학과 사회의 상호작용 등에 대한 이해 또한 필요하다(Lederman, 1999).

이와 같이 NOS는 매우 포괄적인 성격을 가지므로 이에 대한 정의는 연구자에 따라 다양한데(Elder, 2002), NOS를 몇 가지 하위 요소로 정의하고자 하는 합의(consensus)된 NOS에 대한 관점이 일반적으로 수용되어 왔다(Elfin *et al.*, 1999; McComas *et al.*, 2000, Osborne *et al.*, 2003). 가장 대표적인 사례는 과학의 잠정성, 이론 의존성 등의 요소로 이루어진 Lederman과 그의 동료들이 제시한 관점이다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Lederman, 2007; Lederman *et al.*, 2002). 그러나 이후 NOS를 합의된 몇 가지 요소로 정의할 수 있는가에 대한 비판과 NOS와 과학 탐구의 본성(nature of scientific inquiry)

의 통합에 대한 논의 등이 계속되어왔다. 이에 최근에는 대안적인 관점으로 '과학의 특성(features of science; Matthews, 2012)', 'NOS에 대한 가족 유사성 접근(family resemblance approach to NOS; Erduran & Dagher, 2014)' 등이 제안되기도 하였다.

NOS의 학습은 과학에 대한 흥미, 태도 등을 높일 뿐 아니라 과학 개념의 이해에도 긍정적인 영향을 미치는 등 다양한 측면에서 유익하므로 과학교육에서 중요한 목표로 다루고 있다(Olson, 2018). 특히, 미국의 차세대과학교육표준(Next Generation Science Standards; NGSS)과 우리나라의 과학교육표준(Korean Science Education Standards; 이하 KSES)을 비롯한 국내외 여러 과학과 교육과정에서도 NOS를 과학적 소양의 매우 중요한 요소 중 하나로 강조하고 있다(McComas & Nouri, 2016; Song *et al.*, 2019). 예를 들어, KSES에서는 '과학 지식이 여러 분야 과학자들 간의 상호작용을 통해 구성되며, 과학-기술-사회가 긴밀히 관련됨을 이해'하는 '과학과 사회'의 영역을 기존의 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학의 내용과 함께 지식 차원의 영역으로 구성하고 있다(Song *et al.*, 2019). 또한, 우리나라의 2015 개정, 2009 개정 과학과 교육과정에서도 '과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성 등 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도하는 것'을 교수·학습 방법으로 제시하고 있다(MOE, 2011, 2015).

\* 교신저자 : 노태희 (noth@snu.ac.kr)  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.4.399>

그러나 NOS의 중요성과 교육과정 등에서의 강조에도 불구하고, 그동안 학교 현장에서 NOS에 대한 교수가 효과적으로 이루어졌다고 보기는 어렵다(Hanuscin *et al.*, 2011). 예컨대 2015 개정 교육과정의 통합과학과 과학탐구실험이 학생들의 NOS에 대한 견해에 미치는 영향을 조사한 Kim *et al.*(2019)의 연구에서는 두 과목의 이수자가 NOS에 대한 학생들의 견해를 향상하지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학은 ‘주요 과학 개념의 이해를 바탕으로, 과학자들이 가졌던 의문과 해결 방안을 탐색함으로써 과학의 본성을 이해하게 하는 것’을 목표로 하였는데, 이 과목의 이수자가 학생들의 NOS에 대한 견해에 미치는 영향을 조사한 Yang *et al.*(2015)의 연구에서도 학생들의 NOS에 대한 견해는 향상되지 않았고, 일부 하위 영역에서는 부정적인 변화도 나타났다.

학교 현장에서 NOS에 대한 교수가 효과적으로 이루어지지 못하는 이유는 수업 시수의 부족과 같은 환경적 요인도 있겠으나, NOS 교수에 대한 과학교사의 전문성 부족이라는 개인적 요인 또한 지적되고 있다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Lederman, 1999). NOS 교수에 대한 전문성 중 가장 먼저 생각할 수 있는 것은 NOS에 대한 이해라고 할 수 있다(Faikhamta, 2013). 즉, NOS를 가르치기 위해서는 과학교사 자신이 현대적인 인식론에 기반한 NOS에 대해 올바르게 이해하고 있어야 한다는 것이다. 따라서 NOS에 대한 과학교사의 이해를 조사하고 이를 향상하기 위한 연구가 국내외에서 이루어졌다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Akerson & Hanuscin, 2007; Faikhamta, 2013; Mulvey & Bell, 2017). 국내 연구를 중심으로 자세히 살펴보면, Lim *et al.*(2010)은 과학 지식의 임시성, 관찰의 본성, 이론과 법칙 등 NOS의 7개 하위 영역에 대한 초등 과학영재 지도교사의 인식을 조사하였으며, Hong & Park (2014)은 NOS에 대한 과학교사의 관점을 과학의 인과성, 자연이 무엇인지에 대한 관점과 함께 분석하였다. 이처럼 NOS에 대한 이해를 조사한 연구만이 아니라 탐구적 과학 글쓰기 전략을 활용한 실험 활동으로 과학교사가 어떤 NOS를 이해하는지 조사한 연구(Kim & Lee, 2016)와 같이 NOS에 대한 과학교사의 이해를 향상하기 위한 연구도 이루어졌다.

NOS 교수에 대한 전문성의 또다른 중요한 요소는 과학교사가 자신의 NOS에 대한 이해를 구체적인 교수 활동을 통해 학생들이 학습할 수 있는 형태로 변환하는 능력, 즉 NOS를 가르치는 데 필요한 교과교육학 지식(pedagogical content knowledge for NOS; 이하 NOS-PCK)이다(Akerson *et al.*, 2006). 특히, NOS에 대한 이해가 높더라도 NOS-PCK가 부족할 경우 NOS 교수에 어려움을 겪을 수 있다는 점(Abd-El-Khalick, 2013; Schwartz & Lederman, 2002)은 NOS-PCK의 중요성을 부각한다고 할 수 있다. 따라서 과학교사는 NOS에 대한 높은 이해를 갖추어야 할 뿐 아니라 학생들의 흥미와 NOS에 대한 선지식 등을 고려하여 적절한 교수학습 자료와 활동을 선택해야 하며, 비유와 같은 도구를 이용하여 추상적인 NOS를 학생들이 쉽게 이해하도록 도와야 한다(Hanuscin *et al.*, 2011). 또한, 가르치고자 하는 NOS에 적합한 과학사의 사례를 활용할 수 있어야 하며 NOS에 적합한 평가 방법을 이해하고 이를 활용하여 학생들을 평가할 수 있어야 한다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b).

그러나 과학교사의 NOS에 대한 이해를 조사하고 이를 향상하기 위한 연구가 국내외에서 비교적 활발히 이루어진 것이 비해 NOS-PCK와 관련된 연구는 최근 국외에서 일부 이루어진 정도이다.

Schwartz & Lederman (2002)은 NOS에 대한 지식(NOS knowledge)과 과학 내용 지식(subject matter knowledge), 교육학적 지식(pedagogical knowledge)의 교집합으로서 NOS-PCK의 개념을 제안하였다. 이후 Hanuscin *et al.*(2011)은 Magnusson *et al.*(1999)이 정의한 PCK의 다섯 가지 구성 요소, 즉 교수 지향, 교육과정에 관한 지식, 교수전략에 관한 지식, 평가에 관한 지식, 학생에 관한 지식을 NOS 수업의 맥락에 적용하여 NOS-PCK의 요소를 구체화하고 초등교사의 NOS 수업에서 나타나는 NOS-PCK를 조사하였다. 이에 반해 국내에서는 학교 현장에서 이루어지는 NOS 수업을 직접 분석하는 것은 물론이고 설문 등의 간접적인 방법으로도 NOS 수업이나 NOS-PCK를 조사하는 연구가 거의 이루어지지 않았다. 최근에는 NOS 교수 전문성 개발 프로그램에 참여한 과학교사의 사전·사후 설문 조사와 면담 자료, NOS 수업에 대한 교수 계획안을 분석하여 NOS 교수 의지가 NOS 개념, 과학교육 목표에 대한 신념, NOS 교수에 대한 신념과 어떤 관련성을 갖는지 조사한 Cho (2020)의 연구도 이루어졌다. 그러나 이 연구 또한 과학교사의 실제 NOS 수업을 분석하지는 못하였다는 한계를 가진다. 따라서 국내 맥락에서 과학교사의 NOS 수업을 분석하고 이를 바탕으로 NOS-PCK를 조사하는 연구가 필요하다.

한편, 2015 개정 교육과정의 특이점은 과학탐구실험이 신설되었다는 점이다(MOE, 2015). 과학탐구실험은 학생들의 과학 탐구 능력과 핵심 역량을 향상하기 위하여 과학 탐구 활동을 체험하도록 하고 산출물 공유의 경험을 제공하는 과목으로, ‘역사 속의 과학 탐구’, ‘생활 속의 과학 탐구’, ‘첨단 과학 탐구’의 세 단원으로 이루어져 있다. 이 중 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’는 ‘과학의 본성’과 ‘과학자의 탐구 방법’을 핵심 개념으로 제시하고 있으며, ‘과학자들이 행했던 역사적인 실험들을 과학의 탐구 과정을 따라 수행함으로써 과학의 본성을 깨닫도록 한다’는 성취기준을 제시하고 있다. 이에 따라 과학탐구실험 교과서에서도 과학의 감정성이나 경험적 본성 등의 NOS를 직접적으로 다루고 있다(Yang, 2019). 즉, 과학탐구실험 수업에서 NOS에 대한 교수가 이루어질 것이므로 과학교사의 NOS-PCK를 분석할 수 있는 기회가 마련되었다고 할 수 있다.

이에 이 연구에서는 과학탐구실험을 담당하는 과학교사의 NOS 수업에서 나타나는 NOS-PCK를 분석하였다. 이 연구는 국내 과학교육 분야에서 현직 과학교사의 NOS-PCK를 탐색하는 기초연구로서, 연구 결과를 바탕으로 학교 현장에서 NOS 수업의 활성화를 위한 방안, 과학교사의 NOS-PCK를 체계적으로 향상하기 위한 교사 교육의 방향 그리고 관련된 후속 연구를 제안할 수 있을 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

본 연구의 참여자를 모집하는 과정에서 살펴본 결과, 과학탐구실험은 담당하는 교사에 따라 수업의 형태와 운영 방식 등이 다양하였으므로 우선적으로 과학탐구실험의 1단원 수업에서 NOS를 가르치는 교사를 연구 참여자로 섭외하고자 하였다. 또한, 본 연구가 개별 면담이나 수업 관찰과 같이 간단치 않은 연구 절차를 포함하므로 연구 참여에 자발적으로 동의하며 연구의 모든 절차에 적극적으로 참여하고자 하는 의사를 보인 교사를 연구 참여자로 선정해야 했다. 그리고

본 연구의 목적은 현직 과학교사의 NOS-PCK를 탐색하는 것이므로 풍부하고 다양한 결과를 얻기 위하여 앞선 두 조건을 모두 만족하는 교사 중 교직 경력과 전공 등에서 다양한 배경을 갖는 교사를 연구 참여자로 선정하였다. 이에 따라 Table 1과 같이 4명의 과학교사(교사 A-D)가 연구에 참여하였다. 네 명의 교사는 각각 수도권 북부와 남부, 서울시의 강남과 강북 지역에 소재한 고등학교에서 근무하며 과학탐구실험을 담당하였다. A와 C의 경우 작년부터 과학탐구실험을 담당하였으며 B와 D는 올해 처음 과학탐구실험을 담당하였다. B를 제외한 세 명의 교사는 과학탐구실험 교과 연수의 경험이 있었다. 그러나 연수에서 NOS와 관련된 내용을 직접 다루지는 않았고 교과 전반의 구성과 내용 그리고 성적 산출 방식 등을 다루었다.

Table 1. The characteristics of the participants

교사	A	B	C	D
성별	여	여	남	여
교직 경력	6년	1년	13년	6년
전공	지구과학교육	화학교육	물리교육	화학교육
최종학력	학사	학사	학사	학사

## 2. 연구 절차

과학탐구실험의 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’에 대한 수업 중 일부를 이 연구의 분석 대상으로 삼았다. 본격적인 자료 수집에 앞서 NOS-PCK 예비 분석틀을 구성하였다. 예비 분석틀은 Hanuscin *et al.*(2011)의 연구를 따라 교수 지향, 교육과정에 관한 지식, 교수전략에 관한 지식, 평가에 관한 지식, 학생에 관한 지식의 5가지 요소로 구성하였다.

자료 수집은 교수학습 자료 수집, 수업 관찰, 반구조화된 면담으로 이루어졌다. 먼저 수업 관찰 전에 지도안, 활동지, 수업용 PPT 등

교사가 수업에서 사용할 모든 교수학습 자료를 수집하였다. 그리고 NOS-PCK 예비 분석틀을 바탕으로 수집한 자료를 분석하여 사전 면담 시나리오를 구성하고 수업 관찰 계획을 수립하였다. 사전 면담은 교직 경력이나 NOS와 관련된 연수, NOS에 대한 수업 경험 등의 배경 변인과 수업 계획 과정, 의도한 학습 목표, NOS를 가르치기 위해 해당 주제나 활동을 선택한 이유, 학생들에 대한 파악 정도 등을 질문하였다. 수업 중에는 미리 수집한 자료와 NOS-PCK 예비 분석틀을 중심으로 연구자 2명이 함께 수업을 관찰하며 관찰 노트를 작성하였다. 예를 들어, 사전 면담에서 파악한 교사의 학습 목표가 수업에서 잘 드러나는지, NOS를 명시적으로 강조하는 부분이 있는지, 학생들에게 반성적 사고의 기회를 제공하는지, NOS에 대한 평가는 어떻게 실시하는지 등을 관찰하였다. 여러 차시의 수업을 관찰하는 경우 이상의 과정을 반복하였다. 수업을 관찰한 후에는 사후 면담을 실시하였다. 사후 면담에서는 수업 관찰 결과를 바탕으로 수업의 구체적인 상황을 언급하는 질문을 통해 수업 중 특징적인 행동에 대한 교사의 의도를 정확히 파악하고자 하였으며, 수업 중에 나타난 학생들의 반응이나 태도에 대한 교사의 의견 또한 질문하였다. 그리고 수업을 계획하고 실행하는 과정에서 겪었던 어려움이나 자신의 수업에서 개선이 필요하다고 생각하는 부분, 이를 위해 필요한 요구 사항 등도 질문하였다. 모든 면담은 녹음 후 전사본을 작성하여 분석하였다.

## 3. NOS 수업

이 연구에서 관찰한 교사들의 NOS 수업에 대한 개요를 Table 2에 나타내었다. 각 수업에서 목표로 한 NOS는 교사들의 의도를 왜곡 없이 전달하기 위하여 교사들이 면담에서 사용한 표현이나 교수학습 자료 등에 사용한 표현을 그대로 옮겼다.

먼저 A는 공룡 뼈 맞추기 활동(Real Fossils, Real Science; Lederman & Abd-El-Khalick, 1998)을 이용하여 2차시 동안 NOS에 대한 수업을

Table 2. An overview of the participants' lessons

교사	수업 주제	차시	내용	목표 NOS
A	공룡 뼈 맞추기	1	공룡 뼈 맞추기, 공룡의 특징 추론하기	과학의 본성(가변성, 창의성, 이론 의존성, 경험적 본성, 사회적), 과학적 사실의 특성(감각기관 의존성, 인지기구조 의존성)
		2	조별 활동 결과 발표하기, 가장 그럴듯한 공룡 선정하기, 활동과 관련된 NOS 설명하기	
B	자유 낙하 운동과 수평 방향으로 던진 물체의 운동 비교하기	1	갈릴레이 사고 실험 따라 하기, 낙하하는 공과 수평 방향으로 던진 공의 운동을 그래프에 나타내기	과학 지식은 변할 수 있다.
		2	두 공의 운동을 비교하여 공통점과 차이점 토의하기, 비슷한 성질의 원소 카드 묶기	
		3	주기율표를 만들고 주기적 성질에 대해 토의하기, 주기율표가 만들어지는 과정에 기여한 과학자들의 활동을 조사하기, 과학적 발견과 과학의 발전에 대한 글쓰기	
C	미스터리 박스	1	사전 보고서 제출, 미스터리 박스 관찰하고 추론하기	과학 지식은 변할 수 있다. 과학은 합의에 의해 형성된 지식 체계이다. 과학 지식은 증거를 기반으로 한다. 과학은 논리와 상상력의 조화로 심지어 우연히 일어나기도 한다. 과학은 설명하고 예측한다.
		2	모의 컨퍼런스 활동, 미스터리 박스 활동의 의미 토의하기	
		3	미스터리 박스 활동의 의미 발표 및 정리하기, 개별 보고서 작성하기	
D	미스터리 박스	1	미스터리 박스 관찰하고 추론하기, 모의 컨퍼런스 활동, 미스터리 박스 활동의 의미 정리하기	과학 지식은 잠정성과 가변성을 가진다. 과학 지식은 과학적 공동체의 합의에 의해 형성되는 사회적 성격을 지닌다. 과학 지식은 증거를 기반으로 한다.

실시하였다. 이 활동은 학생들이 고생물학자가 되어 주어진 화석 조각이 본래 어떤 생명체였을지 추론하는 활동으로, 과학 지식이 인간의 추론과 상상력, 창의성의 산물이라는 등의 NOS를 학습할 수 있도록 개발되었다.

A의 수업은 다음과 같이 진행되었다. 1차시에는 미지의 공룡 뼈 조각이 무작위로 섞여 인쇄되어 있는 종이를 나누어 준 후 학생들이 이를 직접 오려내고 공룡의 본래 형태를 추론하여 뼈를 맞추는 활동을 하였다. 그리고 조별로 추론한 공룡의 형태에 따라 서식 환경이나 먹이의 종류 등 공룡의 특징도 추론해 보도록 하였다. 2차시에는 각 조별로 한 명씩 나와서 각 조가 완성한 공룡과 추론한 특징들을 설명하고 이에 대한 근거를 발표하였다. 모든 조의 발표가 끝난 후에는 학급 전체 학생들이 투표하여 가장 그럴듯한 공룡을 선정하였다. 그리고 나서 교사가 PPT를 이용해 공룡 뼈 맞추기 활동의 의미를 되짚고 ‘과학 지식은 변할 수 있다.’는 등의 NOS를 활동과 관련지어 설명하였다.

B는 과학탐구실험 교과서를 거의 그대로 따라 수업을 하였다. 총 3차시 동안 두 가지 주제의 수업을 진행하였는데, 첫 번째 주제는 ‘자유 낙하 운동과 수평 방향으로 던진 물체의 운동 비교하기’였다. 1차시에는 두 운동을 비교하기에 앞서 갈릴레이의 사고 실험을 따라하고 그 결과를 조별로 토의하였다. 그리고 자유 낙하하는 공과 수평 방향으로 던진 공의 운동을 비교하는 활동을 하였는데, 두 공의 운동을 같은 시간 간격으로 찍은 사진을 제공하고 이를 잘라 그래프에 붙이도록 하였다. 그리고 이어진 2차시에는 그래프를 이용하여 두 공의 운동을 비교하였고, 조별로 두 공의 운동이 갖는 공통점과 차이점을 토의하였다. 이후, 두 번째 주제인 ‘멘델레예프의 주기율표 만들기’에 대한 수업으로 이어졌다. 먼저, 조별로 17장의 원소 카드를 보며 원소들의 성질에 어떤 공통점이 있는지 토의하고 성질이 비슷한 원소 카드를 묶도록 하였다. 이를 바탕으로 3차시에는 주기적 성질이 나타나도록 원소 카드를 배열하는 활동을 하였다. 이후 같은 세로줄에 배열된 원소들의 공통점과 같은 가로줄에 배열된 원소들의 규칙성에 대해 토의하고 이를 발표하도록 하였다. 다음으로 주기율표가 만들어지는 과정에 기여한 과학자들의 활동을 직접 조사하여 발표하였고, 멘델레예프가 만든 주기율표와 현대 주기율표의 차이점을 토의해 보도록 하였다. 그리고 과학자들이 혼자서 과학적 발견을 하거나 과학의 발전에 공헌하는지와 관련된 간단한 글쓰기 활동으로 수업을 마무리하였다.

C와 D는 미스터리 박스 활동(Mystery boxes; French, 2012)을 활용하였다. 이 활동은 학생들이 미지의 물건이 들어있는 박스를 여러 방법으로 관찰하여 물건이 어떤 것인지 추론하도록 하는 것으로, 과학자들이 겪는 도전적인 상황과 비슷한 경험을 학생들에게 제공한다.

이로써 학생들은 과학적 지식이 경험적 근거에 기반하고 사회적 합의 를 통해 형성된다는 등의 NOS를 학습할 수 있다.

C는 이 활동을 이용하여 3차시 동안 수업을 진행하였다. 우선, NOS와 관련된 사전 보고서를 과제로 제시하고 이를 1차시 수업 시간에 제출하도록 하였다. 그리고 1차시부터 본격적으로 미스터리 박스 활동을 시작하였다. 6개의 열리지 않는 박스를 6개의 조가 돌아가면서 하나씩 관찰하였다. 학생들은 흔들면서 나는 소리를 듣거나 무게를 어림하는 등의 다양한 방법으로 박스를 관찰하였고 이를 바탕으로 박스에 들어있는 물건을 추론하였다. 2차시에는 1차시에 추론한 결과를 바탕으로, 과학자의 컨퍼런스 활동을 체험해보는 모의 컨퍼런스 활동을 진행하였다. 조별로 추론한 6개 물건의 이름을 칠판에 붙이고 6개 조의 의견이 일치하는 경우에는 해당 물건에 대한 결론을 내렸고, 의견이 일치하지 않는 물건은 토론으로 합의를 도출하였다. 컨퍼런스 활동을 마친 후에는 미스터리 박스와 컨퍼런스 활동의 의미, 미스터리 박스를 열지 못하는 이유 등을 조별로 토의하도록 하였다. 마지막 3차시에는 2차시의 조별 토의 내용을 발표하고 교사가 피드백하며 활동의 의미를 정리하였다. 이후 사전 보고서의 내용과 미스터리 박스 활동으로 알 수 있는 NOS 등을 묻는 개별 보고서로 수행평가를 실시하였다.

D는 미스터리 박스 활동을 이용하여 1차시 동안 수업을 진행하였다. 6개의 미스터리 박스를 조별로 돌아가며 관찰하고 조별로 추론한 결과를 칠판에 모아 모의 컨퍼런스 활동을 진행하였고, 이로써 각각의 박스에 들어있는 물체에 대한 결론을 내렸다. 활동이 끝난 후에는 ‘미스터리 박스가 과학자들에게 무엇인지’, ‘미스터리 박스 안의 물체가 무엇이라고 확실하게 말할 수 있는지’ 등에 대해 조별로 토의하고 이를 발표하도록 한 후 교사가 활동의 의미를 설명하고 수업을 마무리하였다.

#### 4. 분석 방법

수집한 자료를 NOS-PCK 측면에서 분석하기 위해 지속적 비교 방법(constant comparative method; Strauss & Corbin, 1990)을 사용하였다. 즉, 자료 수집 과정에서 사용한 NOS-PCK 예비 분석들의 5가지 요소에 따라 수집한 모든 자료를 분류하고 반복적으로 검토하였고, 이 과정에서 PCK나 NOS 교수학습과 관련된 연구를 참고하여 NOS-PCK 요소의 의미와 하위 요소를 구체화하였다(Table 3). 연구자에 따라 과학 내용 지식, 즉 NOS-PCK의 경우 NOS에 대한 교사들의 이해를 PCK의 요소로 포함하는 경우가 있으나, NOS-PCK와 관련된 연구(Hanuscin *et al.*, 2011)를 포함해 일반적인 과학교사의 PCK와 관련된 연구에서도 과학 내용 지식을 PCK의 요소로 포함하는 경우는

Table 3. The components and their definitions of NOS-PCK

PCK 요소	하위 요소	의미
교육과정에 관한 지식		NOS와 관련된 교육과정을 이해하고 이를 재구성하는 능력과 관련된 지식
교수전략에 관한 지식	명시적 접근	NOS 수업에서 명시적 접근을 시도하는 능력과 관련된 지식
	반성적 접근	NOS 수업에서 반성적 접근을 시도하는 능력과 관련된 지식
평가에 관한 지식		NOS에 대한 평가 방법을 이해하고 이를 활용하는 능력과 관련된 지식
학생에 관한 지식		NOS와 관련된 학생들의 선지식, 오개념 등 인지적·정의적 특성에 관한 지식
교수 지향	NOS 교수에 대한 의지	NOS를 가르치고자 하는 의지
	NOS 학습의 가치	NOS 수업이 갖는 목표와 방향성 등 NOS의 학습이 갖는 가치에 대한 이해

많지 않다(Park & Chen, 2012; Park & Oliver, 2008). 따라서 NOS에 대한 이해를 조사하고 NOS 수업과의 관련성 등을 조사하는 것은 NOS-PCK를 탐색하는 본 연구의 범위를 넘어선다고 판단하여 NOS에 대한 이해를 NOS-PCK의 요소로 분석하지 않았다. NOS-PCK의 각 요소에 대한 구체적인 설명은 다음과 같다.

먼저, 교육과정에 관한 지식은 교육과정의 내용과 범위, 체계 등 교육과정 전반에 대한 이해뿐 아니라 교과서나 교사용 지도서와 같은 교육과정 자료에 대한 지식으로서, 교사는 이러한 지식을 바탕으로 교육과정을 재구성할 수 있다(Friedrichsen *et al.*, 2011; Geddis *et al.*, 1993; Grossman, 1990; Magnusson *et al.*, 1999). 이러한 정의에 따라 교육과정에 관한 지식은 NOS와 관련된 교육과정을 이해하고 이를 재구성하는 능력과 관련된 지식으로 분석하였다. 교수전략은 수업 실행을 위한 활동이나 수업 모형, 표상 등을 의미한다(Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008). 이때, NOS의 교수학습과 관련된 연구에 따르면(Akerson & Abd-El-Khalick, 2003; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002), NOS 수업은 명시적(explicit)이고 반성적(reflective)일 때 효과적인 것으로 알려져 있으므로, 이상의 교수전략을 명시적 접근과 반성적 접근의 두 가지 측면에서 분석하였다. 평가에 관한 지식은 어떠한 측면의 학습을 평가하고자 하는지에 대한 평가 영역에 관한 지식과 학습을 어떻게 평가할 수 있는지와 이를 언제, 어떻게 활용할 것인지에 대한 평가 방법에 관한 지식으로 구성된다(Park & Oliver, 2008; Tamir, 1988). NOS-PCK에서는 평가 영역이 NOS로 한정되므로 평가 영역에 관한 지식은 별도의 요소로 구분하지 않았고, 평가 방법에 관한 지식의 의미를 따라 평가에 관한 지식은 NOS에 대한 평가 방법을 이해하고 이를 활용하는 능력과 관련된 지식으로 분석하였다. 학생에 관한 지식은 학습을 위한 선지식, 학습에서 겪는 어려움, 학습에 대한 흥미와 동기 등을 의미한다(Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008; Shulman, 1986). 이러한 내용을 NOS로 한정하여 학생에 관한 지식은 NOS와 관련된 학생들의 선지식, 오개념 등 인지적·정의적 특성에 관한 지식으로 분석하였다.

마지막으로 교수 지향은 수업을 실행하는 이유와 목적 등에 대한 것으로, 교사의 수업 전반에 영향을 미치는 총체적인 신념의 체계를 의미한다(Friedrichsen *et al.*, 2011; Magnusson *et al.*, 1999). 따라서 NOS 수업이 갖는 목표와 방향성 등을 의미하는 NOS 학습의 가치를 교수 지향의 하위 요소로 분석하였다. 또한, NOS를 자신의 수업에 도입하고자 하는 NOS 교수에 대한 의지(intention)는 NOS에 대한 수업 전문성에서 매우 중요하게 논의된다(Cho, 2020; Lederman, 1999; Schwartz & Lederman, 2002). 이때, 교사의 교수 의지에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 교수에 대한 신념과 태도이다(Haney *et al.*, 1996; van Aalderen-Smeets & Walmavan der Molen, 2013; van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2015). 따라서 NOS의 학습이 학생들에게 중요한 가치를 갖는다는 신념과 긍정적인 태도를 바탕으로 이를 수업에서 도입하고자 NOS 교수에 대한 의지를 교수 지향의 측면에서 분석하였다. 그리고 교수 지향은 교수 전반에 걸친 교사의 의사결정에 영향을 미쳐 포괄적인 성격을 가지므로 PCK의 각 요소에서 수업을 구체적으로 살펴본 후 이러한 결과를 종합하여 마지막에 논의하였다.

NOS-PCK 분석틀을 확정한 후에는 분석틀을 이용하여 연구에 참여한 과학교사의 NOS-PCK를 요소별로 분석하고 논의하였다. 이때,

연구 결과의 타당성을 높이기 위하여 삼각측정법(triangulation)을 사용하였다. 예를 들어, 사전에 수집한 활동지와 PPT에서 NOS에 대한 명시적인 접근이 드러나지 않았을 경우, 수업 중에도 이러한 모습이 나타나지 않는지 관찰하였고 사후 면담에서 명시적 접근이 없었던 것이 맞는지 그리고 NOS 수업에서 명시적인 접근을 취하는 것에 대한 의견은 어떠한지 등을 질문하였다. 또한, 연구 계획을 수립하고 완성한 분석틀로 수집한 자료를 분석하는 등 연구 전반의 과정에서 과학교육 전문가와 현직교사, 과학교육전공 대학원생이 참여하는 세 미나를 여러 차례 실시하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 교육과정에 관한 지식

NOS를 강조하는 과학탐구실험의 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’는 ‘역사적인 실험의 탐구 과정을 따라 수행함으로써 과학의 본성을 깨닫도록 한다’는 성취기준에 따라 ‘자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 비교하기’, ‘멘델레예프의 주기율표 만들기’, ‘파스퇴르의 생물 속생설 도출 과정 검토하기’, ‘지질 시대 동안 생물 대멸종의 원인과 그 후 변화 조사하기’를 탐구 활동으로 제시하고 있다.

A, C, D 세 명의 교사는 이러한 교육과정을 잘 이해하고 있었으며, 수업 계획과 실행 과정에서도 교육과정을 적극적으로 고려하였다. 우선, 세 교사는 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’에서 과학의 발전 과정 등에 대한 과학사의 사례로 NOS를 가르치고자 하는 것을 명확히 파악하고 있었다. 특히, C는 2015 개정 교육과정에 개인적인 관심을 갖고 있어 교과서가 출판되기 전부터 과학탐구실험의 성취기준과 이에 따른 탐구 활동을 알고 있을 정도로 교육과정에 대한 이해도가 높았다.

D: 사실 ‘역사 속의 과학 탐구’가 뭘 하고 싶은지는 알겠어요. 사실 우리가 과학의 과정을 가르치려고 노력하잖아요. 지식 자체보다는 과정을 가르치기 위해 과학자들이 했던 과정을 따라 해보는 거잖아요. ... (후략)

(D의 사전 면담)

C: 과학탐구실험 교과서가 나오기 전에 선생님들끼리 모여서 얘기를 하는데 모든 선생님들이, 성취기준 1번인가 2번인가로 제시된, 과학사를 통해서 과학의 본성을 설명할 수 있다는 말에 딱 꽂혀서 논의를 하고 그랬던 것 같아요.

(C의 사전 면담)

따라서 세 명의 교사는 수업을 계획하는 과정에서부터 NOS를 효과적으로 가르치기 위해 고민하였다. 그러나 NOS를 강조하는 교육과정의 의도와 달리 교육과정에서 제시하는 탐구 활동이나 교과서의 구성 등이 NOS를 가르치기에 효과적이지 않다고 생각하였다. 이들은 대체로 주어진 활동의 수준이 높아 학생들이 이해하기 어렵고 학생들의 흥미를 유발하기에도 적절하지 않다고 생각하였다. 예를 들어, A는 교과서에 제시된 갈릴레이의 사고 실험과 자유 낙하 운동의 실험을 이해하는 것 자체가 어렵기 때문에 이를 바탕으로 과학자의 사고 과정을 따라가며 NOS를 이해하는 것은 학생들에게 더욱 어렵다고

하였다. C는 자유 낙하 운동의 실험을 했던 작년의 경험을 떠올리며 교과서에 제시된 자유 낙하 운동 등의 사례가 학생들의 흥미와 공감을 이끌어내기 어렵다는 점을 지적하였다.

A: 사실 교과서에 나오는 과학의 본성은 좀 어려운 것 같았고요. 역사에서 나오는 것들은 사실은 쉽지는 않은 것 같고. 실험을 해석하는 것도 어려워하고요. (학생들은) 이 실험을 왜 했는지도 이해를 못해요. 실험 자체도 어렵고, 해석하고 표나 그래프로 나타내는 것도 어렵고요. 그러다 보니 과학자의 사고 과정을 따라가는 것도 어려워하고.  
(A의 사전 면담)

C: 과학의 본성이라는 것도 애들은 처음 접한 상태인데 ‘낙하 운동이라는 것이 있어요’, ‘갈릴레이가 이런 실험을 했어요’ 같은 것은 애들이 전혀 듣지 않거든요. 얘기해봤자 별로 공감도 못 받고요. 학생들이 이런 주제에는 별로 관심이 없어요. 특히 성취도가 떨어지는 학생일수록 더 심하죠. 과학에 대한 흥미가 없으니까.  
(C의 사전 면담)

이에 따라 세 교사는 고민 끝에 NOS를 주요한 학습 목표로 하는 교과서 밖의 활동을 도입하여 교육과정을 적극적으로 재구성하였다. A는 STEAM 교육 관련 연수에서 접한 공룡 뼈 맞추기 활동을 NOS 측면에서도 활용할 수 있겠다고 생각하여 이를 활용하였으며, C와 D는 각각 과학교사모임과 과학탐구실험 교과 연수에서 접한 미스터리 박스 활동을 활용하였다.

C: 과학사를 통해서 과학의 본성을 알아보는 것이 이 단원의 의도인 걸로 알고 있었는데, 이런 목적이라면 차라리 그냥 과학의 본성을 본격적으로 가르치는 활동이 어떨까 생각을 했어요. 그래서 어떤 활동을 하면 좋을지 고민하다가 미스터리 박스 활동을 하면 좋겠다고 생각해서, 이걸 하게 된 거죠.  
(C의 사전 면담)

세 교사와 달리 B는 교육과정에 대한 이해와 고려가 상대적으로 부족하였다. 먼저, B는 수업을 준비하기 직전까지 교육과정을 제대로 이해하고 있지 못했다. 즉, 수업을 본격적으로 준비하는 과정에서 교과서를 살펴본 후에야 과학탐구실험에서 NOS와 관련된 내용을 다룬다는 것을 알게 되었다.

연구자: 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’에서 핵심 개념으로 과학의 본성이 포함되어 있다는 걸 사전에 알고 계셨나요?  
B: 알고 있지는 않았고 수업을 준비하느라고 교과서 같은 걸 읽어 보면서 과학의 본성이 있다는 걸 알았죠.  
(B의 사후 면담)

과학탐구실험의 교육과정을 뒤늦게 파악하게 된 B 또한 교과서를 살펴보면 앞선 세 교사와 마찬가지로 주어진 탐구 활동이나 교과서의 구성 등이 NOS를 가르치기에 효과적이지 않다고 생각하게 되었다. 그럼에도 불구하고 B는 교과서를 그대로 따라 수업하고자 했던 이전의 계획을 그대로 유지하여 수업 계획 과정에서 NOS를 크게 고려하지 않았다.

B: 과학의 본성을 얘기하려고 교과서에서도 나름 노력한 거 같은데,

그냥 주어진 과정을 따라가는 달한 느낌이라서 재미가 없는 것 같아요. 그리고 안 그래도 애들이 ‘교과서에는 정답만 있다.’ 이렇게 생각을 하고 있는데, 거기에 정답을 향해가는 탐구들이 있으면 결국 그런 식의 사고가 강화가 될 수밖에 없을 것 같아요. …(중략)… 그래도 어쨌든 저는 교과서로 수업을 할 예정이에요. 과학의 본성과 관련된 내용이 있다는 걸 파악은 했고, 수업은 수업대로 이전에 하던 대로 교과서를 따라 준비하고 그런 거죠.

(B의 사전 면담)

B는 실제 수업에서도 NOS의 학습을 주요한 목표로 두지 않았다. 예를 들어, 첫 번째 주제의 수업에서는 교과서에 ‘자유 낙하 운동과 수평 방향으로 던진 물체의 운동을 비교할 수 있다’로 내용 지식과 관련된 학습 목표와 함께 ‘과학사에 패러다임의 전환을 가져온 결정적 실험을 따라 해보고, 과학의 발전 과정을 설명할 수 있다’로 NOS와 관련된 학습 목표도 제시되어 있었다. 그러나 B는 내용 지식의 학습을 수업의 가장 큰 목표로 삼았다.

연구자: 이번 수업에서 학습 목표는 무엇이었나요?  
B: 앞에서는 갈릴레이의 사고 실험의 과정을 따라 해서 이걸 이해하는 것과 뒤에서는 ‘자유 낙하하는 운동과 수평 방향으로 던지는 운동에서 연직 방향은 중력이 작용하기 때문에 등가속도 운동을 하고 수평 방향은 힘이 작용하지 않기 때문에 등속 운동을 한다’는 걸 이해하는 게 가장 주요한 목표입니다.  
(B의 사후 면담)

이상의 결과를 정리하면, B를 제외한 세 명의 교사는 NOS를 강조하는 교육과정을 잘 이해하고 있었으며, 수업 계획 및 실행 과정에서도 이를 적극적으로 고려했던 반면, B는 교육과정에 대한 이해와 고려가 모두 부족하였다. 과학교사가 교육과정을 명확히 이해하고 수업 계획 및 실행 과정에서 이를 적극적으로 고려해야 하는 것은 당연하다고 할 수 있다. 그러나 과학탐구실험은 2015 개정 교육과정에서 새로 도입된 과목일 뿐 아니라 과학탐구실험과 같이 교육과정에서 NOS를 일반적인 과학 내용 지식처럼 직접적으로 포함하는 경우는 흔치 않으므로 이러한 교육과정에 대한 교사들의 이해는 높지 않을 수 있다. 실제로 과학탐구실험의 운영 실태를 조사한 Byun *et al.*(2019)의 연구에 따르면, NOS와 관련된 ‘과학 지식의 생성 과정에 대한 이해’를 과학탐구실험의 수업 목표로 인식한 교사는 814명 중 122명에 불과하였다. 따라서 과학탐구실험과 같이 교육과정에서 NOS를 직접적으로 다루는 경우, 현직교사를 대상으로 한 온·오프라인 연수 등으로 교육과정의 의도와 목적, 내용을 적극적으로 전파할 필요가 있을 것이다. 또한, D와 마찬가지로 올해 처음 과학탐구실험을 담당 하였던 B가 교육과정에 대한 이해가 특히 부족했던 데에는 경력이 1년차인 초임교사라는 점 또한 영향을 미쳤을 수 있다. 따라서 초임교사를 대상으로도 교육과정을 전파하기 위한 교과 연수 등을 활발히 실시할 필요가 있을 것이다.

또한, 이 연구에 참여한 모든 교사가 교육과정과 교과서에서 제시하고 있는 형태의 NOS 관련 탐구 활동을 부정적으로 생각하였으므로 학생과 교사의 의견, 요구 등을 조사하여 교육과정과 교과서를 개선할 필요도 있을 것이다. 그리고 세 명의 교사가 교과서 밖의 자료를 이용하여 교육과정을 재구성하였으나, NOS 수업과 관련된 활동이나 수업 사례는 일반적인 과학 내용 지식을 다루는 수업 자료에 비해

부족하다고 할 수 있다. 따라서 교사들이 학교 현장의 다양한 교실 상황에 맞게 교육과정을 재구성할 수 있도록 학생들의 다양한 수준과 흥미를 고려한 활동이나 전략을 개발하고 이를 자료집 등의 형태로 제작하여 배포하거나 현직교사 연수에서 소개하는 노력도 계속될 필요가 있다.

## 2. 교수전략에 관한 지식

### 가. 명시적 접근

명시적 접근은 교사의 의도적인 교수를 통해 NOS가 충분히 드러나도록 함으로써 학생들이 NOS에 관심을 기울이고 집중하게 하는 것을 말한다. 명시적 접근은 수업 중에 학생들의 활동을 과학자의 일과 비교하며 연결하는 것이나 학생들이 학습할 NOS를 직접 설명하는 것 등으로 나타날 수 있다(Deniz & Adibelli, 2015). 반면, 명시적 접근을 취하지 않고 NOS의 학습을 과학 내용 지식 등을 학습할 때 나타나는 부차적인 산물로 여기는 것을 암시적(implicit) 접근이라고 한다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

B를 제외한 A, C, D 세 교사의 수업은 명시적인 접근에 가까웠다. 세 교사는 활동을 시작하기 전이나 활동 중 또는 활동이 끝난 후에 목표로 하는 NOS를 학생들에게 직접 설명하였다. 또한, 수업 중에는 ‘여러분이 과학자예요’, ‘여러분이 과학자의 일을 하고 있는 거예요’ 등으로 여러 번 강조하여 말함으로써 학생들이 자신의 활동을 과학자의 일과 연결할 수 있도록 하였고 활동을 마친 후에도 학생들의 활동과 과학자가 하는 일을 관련지으며 NOS를 설명하였다. A의 수업을 예로 들어 살펴보면, A는 1차시 수업에서 활동을 시작하기 전에 ‘여러분이 고고학자가 돼서 공룡 뼈를 원래 상태로 복원하는 과정을 거칠 것이다’라고 설명하였고, 2차시 수업을 시작할 때에도 활동의 목적을 ‘과학을 해보는 것’이라고 말하며 활동의 의미를 학생들에게 강조하였다. 2차시 수업에서 모든 활동이 끝난 후에는 ‘여러분이 활동을 하며 거친 과정을 실제 과학자들도 똑같이 거친다’고 한 후 학생들의 활동과 과학자의 일을 관련짓거나 다양한 예시를 들어 자신이 가르치고자 한 NOS에 대해 설명하였다.

A: 세상에 과학자가 여러분들밖에 안 남았다고 가정을 해봐요. 그리고 여기서 나온 공룡 중에 한 마리를 학술지에 등재해야 돼요. 무슨 말인지 알겠죠? 여러분이 투표를 해서 가장 그럴듯한 걸 뽑을 거예요. 과학자들도 이렇게 컨퍼런스를 해서 새로운 지식을 계속해서 만들어 가는 거예요.

(A의 2차시 수업)

A: (활동을 모두 마친 후) 실제로 과학자들이 이렇게 활동을 해요. 정답을 모르는 거죠. 그래서 가장 그럴듯한 설명을 찾아가는 거예요. 실제로 과학자들도 여러분들처럼 이렇게 실수를 할 수 있어요. ... (중략) ... 여기에 과학의 본래 성질에 대해 이렇게 경리를 해 놔요. 가변성, (과학은) 잠정적인 지식 체계이기 때문에 더 나은 설명이 있으면 대체되는 것. 창의성, 과학자들이 해석하고 의견을 더 하는 것이기 때문에 예상하지 못했던 그런 데이터들이 나오면 창의적으로 상상력을 발휘해서 그걸 해결할 수 있어요. ... (후략)

(A의 2차시 수업)

반면 B의 수업은 암시적인 접근에 가까웠다. 예를 들어, 첫 번째 주제의 수업에서는 갈릴레이의 사고 실험을 따라 하는 활동과 자유 낙하하는 공과 수평 방향으로 던진 공의 운동을 비교하는 활동을 하였으나 이 과정에서 한 번도 NOS를 명시적으로 언급하지 않았다. 즉, 두 활동으로 과학 지식이 변한다는 것을 간접적으로 체험하도록 했을 뿐 패러다임의 개념이나 과학 지식이 변할 수 있다는 것을 명시적으로 다루지 않았다. 또한, 수업 중에 학생들에게 ‘너희가 갈릴레이야’라고 언급하는 경우가 한두 번 정도 있었으나 이는 학생들의 활동을 과학자들의 일과 연결하여 NOS를 강조하기 위한 것이라기보다는 단순히 학생들의 흥미를 유발하기 위한 것이었다.

연구자: 수업 중에 ‘너희가 갈릴레이야 이렇게 얘기하셨잖아요, 그건 특별한 의도가 있으셨던 것일까요?

B: 그건 그냥 애들이 좀 더 흥미를 느끼고 수업에 잘 참여하게 하려고 그런 거였어요.

(B의 사후 면담)

B는 교과서를 거의 그대로 따라 수업하였으므로 B의 수업이 이상과 같이 암시적인 접근에 가까웠던 이유는 B가 사용한 교과서가 암시적인 접근에 가까웠기 때문이라고 할 수 있다. 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’의 첫 번째 주제인 ‘자유 낙하 운동과 수평 방향으로 던진 물체의 운동 비교하기’를 예로 살펴보면, 다른 교과서에서는 패러다임의 의미, 패러다임의 전환과 과학 발전의 관련성 등을 직접 다루는 경우가 있었으나 B의 교과서에는 이러한 언급이 전혀 드러나지 않았다. 실제로 과학탐구실험 교과서를 분석한 Yang (2019)의 연구에 따르면 B가 사용한 교과서는 다른 교과서에 비해 명시적인 접근이 가장 부족하였다. 따라서 효과적인 NOS 수업을 위해 교사들이 활용하는 교과서 등의 교수학습 자료가 단순히 NOS 교수를 위한 활동을 제시하는데 그치는 것이 아니라 명시적인 접근을 취하도록 개선할 필요도 있을 것이다.

### 나. 반성적 접근

반성적 접근은 학생들이 수업에서의 경험을 바탕으로 NOS에 대한 자신의 견해를 스스로 돌아보는 기회를 제공하여 학생들의 반성적인 사고를 촉진하는 것으로, 수업에서는 학생들에게 질문을 던져 자신의 견해를 생각해 보게 하고 이를 글로 정리해 보도록 하거나 학생들이 서로 토의해 보도록 하는 등의 형태로 나타날 수 있다(Akerson *et al.*, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

A, B의 수업에서는 반성적 접근이 거의 드러나지 않았다. 이와 관련된 수업 장면을 구체적으로 살펴보면 A의 경우 학생들이 공룡 뼈를 이용한 관찰과 추론, 합의 과정 등을 거친 후 교사가 PPT를 이용하여 일반적으로 NOS를 설명하고 수업을 마무리하여 반성적 기회를 제공하지 못하였다. 실제로 1, 2차시에 걸친 수업에서 절반 이상의 시간을 공룡 뼈가 인쇄된 종이를 자르고 이를 맞추는 활동에 할애하여 학생들이 이야기를 나누거나 생각을 정리할 수 있는 시간은 매우 부족하였다. B의 경우, 수업에서 NOS에 대해 명시적인 접근을 취한 적이 거의 없었으므로 학생들이 NOS에 대한 자신의 견해를 정리하거나 토의하도록 하는 등의 반성적 기회 또한 거의 제공하지

못하였다. 예를 들어, 멘델레예프의 주기율표에 대한 두 번째 주제의 수업에서는 수업의 끝부분에 교과서에 주어진 ‘과학자들은 혼자서 과학적 발견을 하거나 과학적 발전에 공헌한다고 생각하는가?’라는 질문을 주제로 간단한 글쓰기 활동을 하였으나 이를 제외하고선 NOS를 명시적으로 다루고 이에 대해 반성적인 기회를 제공한 부분이 없었다. 또한, 이 글쓰기 활동에서도 B는 질문에서 묻고자 하는 내용을 수업에서의 활동이나 NOS와 관련지어 설명하지 않았고, 단순히 질문을 한 번 읽은 후 곧바로 학생들에게 자신의 생각을 적어보도록 하였다. 이에 일부 학생들은 질문의 의도를 파악하지 못하고 NOS나 주기율표가 만들어지는 과정과 큰 관련이 없는 답변을 하기도 하였으며 B 또한 이러한 답변에 별다른 코멘트 없이 재진술 하는 정도로 허용적인 태도를 보였다.

반면 C의 수업은 반성적 접근이 가장 두드러졌다. 수업 전에 작성하도록 한 사전 보고서에서도 학생들에게 패러다임의 의미 등을 찾아보도록 하였다. 또한, 모의 컨퍼런스 활동까지 마친 후에 이루어진 미스터리 박스와 컨퍼런스 활동의 의미 등에 대한 조별 토의는 약 15분 동안 이루어졌으며 각 조의 토의 결과를 발표하고 이에 대해 논의하고 정리하는 데에도 10분가량이 소요되었다. C는 학생들이 토의할 때에도 다음과 같이 서로의 의견을 공유하는 것이 중요함을 강조함으로써 반성적 사고를 촉진하기도 하였다.

C: 과연 미스터리 박스가 의미하는 것이 무엇인지 조원끼리 생각해 보시고요. 그리고 제가 ‘미스터리 박스는 지금 현 시점에서 절대 열 수 없다’라고 얘기했죠? 이게 과연 무엇을 의미하는지 생각해 보세요. 친구들과 이야기하면서 정리를 해보세요. 조원끼리 많이 얘기해야지 생각이 좀 정리가 잘 될 겁니다.

(C의 2차시 수업)

D 또한 모의 컨퍼런스 활동을 마친 후 미스터리 박스의 의미 등에 대해 토의하는 시간을 가졌으나 C와 달리 모든 과정을 1차시에 압축적으로 진행하였으므로 학생들이 반성적으로 사고할 수 있는 충분한 시간을 제공하지 못하였다. 활동지에 적힌 6가지 질문(Figure 1)에 대해 조별로 토의해 보도록 하였으나 5분 정도의 시간만이 주어졌다. 각 조의 토의 결과를 발표하고 이에 대해 논의할 시간은 더욱 부족하였는데, 조별 토의 후 각 조의 활동지를 칠판에 붙이기만 하고 교사가 각 질문에 대한 답을 5분 남짓의 시간 동안 PPT를 이용해 설명하는

3. 활동 마무리  
- 다음 내용에 대해 토론을 진행해 봅시다.

1) '미스터리 박스'는 과학자에게 있어 무엇일까요?	2) 우리가 미스터리 박스를 가지고 활동한 것은, 과학자의 어떤 활동에 비유할 수 있을까요?
3) 우리는 미스터리 박스 안의 내용물이 무엇인지 '정답'을 말할 수 있나요? 이유는 무엇인가요?	4) 그렇다면 우리가 미스터리 박스 안의 내용물이 무엇이라 결정지은 '결론'은 어떤 특성이 있나요? 이를 통해 배울 수 있는 과학 지식의 특성은 무엇일까요?
5) 우리는 이 박스 안의 내용물을 알기 위해 어떤 노력을 해 볼 수 있을까요? 그 과정을 통해 박스에 대한 지식은 어떻게 변해갈까요?	6) 5번 질문을 통해 배울 수 있는 과학 지식의 특성은 무엇일까요?

Figure 1. An worksheet used in D's lesson

식으로 수업이 마무리되었다.

반성적 접근을 시도한 C, D 두 교사의 경우 반성적 접근을 내면화하고 있지는 못하였으나 이러한 반성적 접근이 학생들로 하여금 활동의 의미를 되새겨 보도록 함으로써 NOS를 더욱 효과적으로 학습하도록 할 수 있다고 생각하고 있었다. 예를 들어, D의 경우 ‘학생들에게 반성적 기회를 제공하지 않을 경우, NOS를 학습하지 못하고 단순히 활동을 경험해 본 정도로 수업이 끝나버릴 수도 있다’며 반성적 접근의 중요성을 강조하였다.

연구자: 이렇게 질문들을 던져서 학생들이 스스로 생각해 볼 수 있도록 하는 것을 반성적 접근이라고 부르더라고요. 이런 방법이 어떤 효과가 있다고 생각하시나요?

D: 미스터리 박스 활동이 굉장히 활동 중심적이면서도 비유적인 거잖아요. 그래서 학생들이 추론을 해야 하는데 이거에 대해서 의미를 나누지 않으면 그냥 활동만 하고 끝나는 거 같아요. 아이들이 사실상 제가 기대한 만큼 깊이 있게 이거에 대해 숙고하고 고민하지는 못하는 것 같은데, 이거에 대해 숙고하고 고민하는 과정을 제공함으로써 이 활동 자체에 대해서 아이들이 배워야 할 것들이 내면화될 수 있는 거 같아요. 반성적 접근이라고 말씀을 하셨는데, 그런 걸 알고 그랬던 건 아니지만 이렇게 학생들이 고민하고 생각해보고 그런 기회를 제공하는 게 특히 활동 중심 수업에서는 더 중요한 것 같아요.

(D의 사후 면담)

수업에서 반성적 접근을 시도하지 않았던 A의 경우에도 학생들에게 반성적 기회를 제공하는 것에 긍정적인 견해를 보였다. 수업을 마친 후 이루어진 면담에서 토의 등으로 학생들에게 반성적 기회를 제공하는 것에 대한 의견을 물었을 때 A는 ‘이번 수업에서는 시간이 촉박하여 학생들에게 질문하고 토의하는 시간을 제공하지 못하였지만 시간이 허락한다면 학생들에게 질문하고 토의하는 시간을 주면 좋을 것 같다’고 응답하였다.

이상의 내용을 정리하면, B를 제외한 세 명의 교사가 명시적인 접근에 가까운 모습을 보였으나 이중 A와 D는 반성적인 접근이 다소 부족하였다. 특히, 짧은 시간이라도 학생들에게 반성적 기회를 제공한 D에 비해 반성적 기회를 거의 제공하지 않은 A의 경우, 이 주제의 수업을 2차시로 구성하였음에도 공룡 뼈를 맞추는 활동 자체에 상대적으로 많은 시간을 할애함으로써 학생들이 자신의 생각을 정리하거나 토의하는 등의 시간을 제공하지 못하였다. 학생들이 NOS에 대한 자신의 견해를 스스로 검토할 수 있는 반성적 기회까지 제공할 때 NOS에 대한 견해를 효과적으로 변화시킬 수 있다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 따라서 주어진 수업 시간 안에서 학생들에게 반성적 기회를 충분히 제공하여 더욱 효과적인 NOS 수업이 될 수 있도록 교사들에게 반성적 접근의 의미와 중요성 그리고 이를 수업에서 구현하기 위한 구체적인 방법 등을 교육할 필요가 있을 것이다.

### 3. 평가에 관한 지식

네 명의 교사는 각자 나름의 방식으로 수행평가를 실시하여 과학탐구실험의 성적을 산출하였고, 중간·기말고사 형태의 지필평가를 실시한 교사는 없었다. 이때 이 연구에서 관찰한 수업에서 NOS에 대한 평가를 실시한 교사는 C뿐이었고, 나머지 세 명의 교사는 수업 참여



도와 같은 정의적 영역을 주로 평가하여 교사들의 평가에 관한 지식은 전반적으로 부족하였다.

먼저 C를 제외한 세 교사의 평가를 살펴보면, A는 수업에서 질문이나 발표를 하는 등 수업에 적극적으로 참여한 학생을 기록하였다가 이를 누적하는 방식으로 수업 참여도를 평가하였다. B는 평가에서도 교과서를 주로 활용하였는데, 학생들이 교과서에 채워야 하는 부분을 성실히 채웠는지 평가하고 점수를 부여하였다. 또한, 성적에 반영하지는 않았으나 교과서 매 차시의 마지막에 제시된 자기 점검식의 평가를 학생들이 스스로 해보도록 하는 경우도 있었다. 첫 번째 주제의 수업을 예로 들면, 지식 측면에서 자유 '낙하하는 물체와 수평 방향으로 던진 물체의 공통점과 차이점을 이해하였는가'라는 질문에 대해 '잘함', '보통', '부족'의 세 단계 중 하나를 학생들이 스스로 선택하는 문항이 있었다. 그러나 교과서에 제시된 질문 중 NOS와 관련된 것은 없었으므로 자기 점검식 평가에서도 NOS에 대한 평가는 이루어지지 않았다. D는 적당한 시간 간격을 두고 수업에서 사용한 활동지를 걷어서 학생들이 활동지의 빈칸을 성실히 채웠는지 평가하여 점수를 부여하였다.

C는 사전 보고서와 수업 중에 사용하는 조별 활동지, 수업을 모두 마친 후 작성하는 개별 보고서의 총 세 가지에 대한 평가 결과를 종합하여 성적을 산출하였다. 사전 보고서에는 패러다임의 의미, 패러다임의 전환에 해당하는 과학사의 사례와 우연한 발견에 해당하는 사례를 각각 조사하여 적도록 하였다. 그리고 교과서에 정리되어 있는 NOS 관련 내용을 읽어보고 이를 옮겨 적도록 한 후 실제 과학 사례를 제시하고 각각의 사례에서 찾을 수 있는 NOS를 쓰도록 하였다. 다음으로 조별 활동지에는 1, 2차시에 활동한 내용을 기록하도록 하였다. 즉, 미스터리 박스 안의 물건을 추론하기 위해 사용한 방법과 각 조의 추론 결과 등을 적도록 하고 마지막 부분에는 미스터리 박스의 의미와 박스를 열 수 없는 이유 등 NOS와 관련된 내용을 적도록 하였다. 마지막으로 개별 보고서에는 사전 보고서와 같은 내용인 패러다임의 의미, 패러다임의 전환에 해당하는 과학사의 사례와 우연한 발견에 해당하는 사례를 다시 적게 하였고, 미스터리 박스 활동으로 알 수 있는 NOS와 각자 자신이 생각하는 과학이란 무엇인지 적도록 하였다.

한편, C를 제외한 세 명의 교사가 NOS에 대한 평가를 실시하지 않았던 이유는 NOS에 대한 그들의 인식과 관련이 있었다. 먼저 A, D는 NOS를 일반적인 과학 내용 지식과 같은 학습의 영역이라기보다는 느끼고 체득하는 것에 가깝다고 여겨 이에 대한 평가는 필요하지 않다고 생각하였다.

A: 이 수업에서는 (NOS와 관련된 평가는) 안 할 거예요. 저는 이 활동 목적 자체가 그냥 체득하는 거. 그리고 학생들이 서로 협력하는 경험을 해보라고 하는 거라서 굳이 따로 평가를 하지는 않습니다.

(A의 사전 면담)

D: 이 수업은 이런 활동을 하고 '아! 그런 거구나' 이런 이미지를 이해하고 느낌을 이해하는 것 정도면 충분하다고 생각해요. 그래서 학생들이 어디까지 얼마나 도달했는지를 세분화해서 평가하는 게 이런 수업에서는 좀 어울리지 않는 것 같아요. 이 수업을 통해서 학생들의 마음에 와닿는 이미지, 느낌, 직관적인 것을 평가하기가 어려운 거 같아요.

(D의 사후 면담)

또한, B는 '학생들이 NOS를 학습함으로써 과학 지식이 절대적이지 않다는 것을 알게 되는데, NOS에 대해 평가를 하게 되면 NOS조차도 절대적이라고 받아들일 것 같기 때문에 평가를 하지 않았으면 좋겠다'고 생각하였다.

이와 같이 NOS 평가와 관련된 특별한 인식은 평가를 실시했던 C도 마찬가지였다. C는 NOS에 대한 견해가 개인의 주관적인 것이므로 평가를 하더라도 내용 지식처럼 옳고 그름을 따져 엄격하게 채점하기 어렵다는 인식을 보였다. 따라서 NOS에 대한 평가 문항을 채점할 때에도 학생들이 현대적 관점에 가까운 견해를 보였는지보다는 자신의 명확한 의견과 이를 뒷받침하는 타당한 근거를 제시하는지에 초점을 두었으며, 학생들의 다양한 의견을 듣기 위해 독창적인 의견도 인정하는 방식으로 채점을 하였다.

C: 박스를 열 수 없는 이유와 그것의 의미를 묻는 질문은 애초에 답이 없는 문제였어요. 제가 수업에서 의도한 것을 적는 아이들도 있고, 자기만의 생각을 적는 아이들도 있어요. 이런 아이들도 그 이유가 합당하면 웬만하면 정답으로 맞게 해주려고 하고 있어요.

연구자: 3차시에는 과학의 본성을 내용으로 평가가 이루어졌습니다. 다른 주제에 대한 수행평가와 비교할 때 과학의 본성에 대한 평가의 특징이 있을까요?

C: 과학의 본성에 대한 평가는 아까 얘기한대로 학생들의 생각을 좀 더 적게 했다는 게 차이점일 것 같아요. 나머지는 그렇게 안 내죠.

(C의 사후 면담)

또한 C는 수업을 모두 마치고 작성하는 개별 보고서에서 사전 보고서의 질문을 그대로 다시 제시할 것임을 학생들에게 미리 공지하였었는데 이는 학생들이 교사의 말에 귀를 기울이는지, 그리고 수업에 열심히 참여하고 노력하는지를 평가하기 위함이었다. 즉, NOS에 대한 평가를 실시한 C 또한 NOS에 대한 학생들의 이해를 평가하기보다는 다른 교사들과 같이 성실도나 참여도와 같은 정의적 영역에 초점을 두고 평가를 하고자 한 것이다.

C: 미스터리 박스에서 평가는 애초에 정답이 옳고 그르나보다는 학생들의 의견을 물어보는 거고, 이게 성적을 A, B, C로 갈같이 나눠야 하는 건 아니니까, 오히려 공부한 학생들, 책을 미리 읽어 온 학생들에게 점수를 줘야겠다고 생각했던 것 같아요.

(C의 사후 면담)

이상과 같이 교사들은 NOS에 대한 견해가 개인의 주관적인 것이라거나 NOS가 인지적 학습의 영역이 아니라는 등의 이유를 들어 NOS에 대한 평가에 소홀한 모습을 보였다. NOS에 대한 견해가 개인의 주관적인 것은 맞지만 학생들이 바람직한 과학적 소양을 갖추기 위해서는 현대적인 인식론에 기반한 NOS에 대한 이해가 바탕이 될 필요가 있다. 이런 점에서 NOS를 일반적인 과학 내용 지식과 같은 인지적 학습의 영역으로 여겨야 한다는 주장도 있으며(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Lederman, 1999), 이에 과학탐구실험의 교육과정에서도 NOS를 내용 체계의 핵심 개념과 성취기준으로 제시하고 있다. 또한, 여타 다른 과학 수업과 마찬가지로 NOS에 대한 수업에서도 원활한 평가가 이루어져야 교사들이 자신의 수업이 갖는 효율성과 학생들의 어려움 등을 파악하여 추후 수업을 개선하고 자신의 수업 전문성을 향상할 수 있을 것이다(Hanuscin *et al.*, 2011). 따라

서 교사들이 NOS에 대한 평가의 필요성과 중요성을 인식하도록 함으로써 NOS에 대한 평가가 적절하게 이루어지도록 할 필요가 있다. 그리고 B의 교과서는 NOS와 관련된 학습 목표를 제시하고 있음에도 평가에는 NOS와 관련된 내용이 없었으므로, NOS를 강조하는 학습 목표에 맞게 평가를 제시하도록 교과서 등의 교수학습 자료를 개선할 필요도 있을 것이다. 이와 같은 교수학습 자료의 개선은 NOS 평가의 필요성과 중요성에 대한 교사들의 인식을 높이는 데에도 도움이 될 것이다.

#### 4. 학생에 관한 지식

네 명의 교사 모두 ‘학생들이 과학 지식은 절대적이며 변하지 않는다고 생각할 것’이라고 하였다. 그러나 이는 구체적인 근거에 기반을 둔 것이라기보다는 교사들의 막연한 추측에 가까웠다.

C: 제가 생각했을 때, 저도 마찬가지로인 것 같지만, (학생들이) 과학의 법칙 같은 것들은 절대 깨지지 않는다고 생각하는 것 같아요. 과학에 대한 고정관념 같은 것이죠. 과학자 같은 사람이 정해 놓으면 그게 변하지 않는 진리라고 믿는 인식이 무의식적으로 깔려 있는 것 같아요. ... (중략) ... (학생들의 선개념에 대해) 저도 사전 조사를 하는 것이 아니니까, 제가 정확히 알 수는 없겠더라고요. 그냥 ‘애들이 이럴 것이다’라고 추측만 하는 거죠.

(C의 사전 면담)

교사들이 학생들의 견해를 이와 같이 추측한 데에는 교사 자신의 경험이 큰 영향을 미쳤다. 즉, 자신의 견해가 전통적인 관점에서 현대적 관점으로 바뀌었던 경험을 떠올리며 학생들도 과거 자신의 견해와 유사할 것이라고 추측한 것이다. 과학 지식의 권위가 절대적이라고 생각했던 자신의 관점을 대학 진학 후 NOS를 배우고 나서 바꾸게 되었던 다음과 같은 B의 경험이 대표적인 사례라고 할 수 있다.

연구자: 학생들이 실제로 과학을 당연한 사실로 받아들이고 있다고 생각하시나요?

B: 저의 짐작은 그렇고요. 실제로 저도 고등학교 때는 실제로 그렇게 생각을 했었죠. 대학에 와서 과학의 본성을 따로 배우기 전까지는. (B의 사후 면담)

또한 학생들이 과학 지식을 절대적이라고 생각하는 이유가 교과서가 가지는 권위 때문이라고 추측하는 경우도 있었다.

A: 과학이라는 지식 자체에 대한 성질을 학생들이 절대적인 진리나 아니면 굉장히 객관적이고 이성적인 것이라고 생각을 하잖아요. 이게 사실 교과서가 주는 권위가 있어서 학생들이 교과서에 제시된 지식에 대해서는 의심하지 않고 받아들이는 것 같거든요.

(A의 사전 면담)

이처럼 교사들이 NOS에 대한 학생들의 견해를 자신의 경험 등에 의존하여 추측할 수밖에 없었던 이유는 앞서 교사들이 NOS에 대한 평가를 소홀히 했던 결과와 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다. C를 제외한 세 명의 교사는 평가를 실시하지 않아 NOS에 대한 학생들의 이해를 파악할 기회가 없었다. 평가를 실시했던 C의 수업에서도 NOS

에 대한 학생들의 선개념이나 사전 지식을 파악하기 위한 진단 평가는 없었으며, 수업을 마친 이후에 이루어진 평가는 학생들의 성취 정도를 파악하는 형성평가에 가까웠고 이마저도 성실도나 참여도와 같은 정의적 영역을 평가하는 데 초점이 있었다. 이외에 A의 경우 1차시 수업의 도입 부분에서 ‘과학이 무엇이라고 생각하는지, 과학과 관련해서 어떤 생각이 드는지’ 등에 대해 열린 질문을 던졌으나 학생들로부터 NOS와 관련된 답변이 나오지 않았고 교사 또한 NOS와 관련된 설명을 하지는 않았다.

A: 과학이라고 하면 어떤 생각이 들죠? 어떤 느낌이 드나요? 과학을 생각했을 때 떠오르는 이미지?

학생들: 어려워요. 재밌어요.

A: 어려워요? 뭐가 어렵죠? 재밌다고 한 친구들은 왜 재밌다고 생각하나요?

(A의 1차시 수업)

또한, ‘학생들이 과학 지식은 절대적이며 변하지 않는다고 생각할 것’이라는 교사들의 추측은 학생들이 과학의 잠정성에 대한 이해가 부족할 것이라는 의미로 볼 수 있다. 그런데 우리나라의 고등학생 (Yang et al., 2015)이나 중학교 과학영재 학생(Park & Hong, 2011)을 대상으로 NOS에 대한 이해를 조사한 연구 결과에 따르면 학생들은 잠정성만이 아니라 다른 측면에 대한 이해도 부족하였고, 오히려 잠정성에 대한 이해는 다른 측면에 대한 이해보다 높은 경우도 있었다. 따라서 과학교사들이 학생들의 선개념이나 사전 지식을 막연하게 추측하는 것이 아니라 체계적인 평가를 바탕으로 NOS에 대한 학생들의 이해나 어려움 등을 파악하도록 할 필요가 있을 것이다.

한편, 교사들은 교과서나 참고한 연수 자료 등에 NOS와 관련된 학생들의 오개념이나 선개념이 제시된 것을 본 적이 없었다고 응답하였고, 실제로 교사들이 사용한 교과서의 지도서나 연수 자료에는 이러한 내용이 제시되지 않았다.

연구자: 참고하신 자료리든지, 교과서나 지도서 같은 자료들에서 과학의 본성에 대해 학생들이 가지는 오개념 같은 것을 본 적이 있으신가요?

C: 교과서나 지도서에 그런 건 없었던 것 같아요. 오개념이 뭐라고 적혀 있던 것 같고, 오히려 임용 시험을 준비하면서 봤던 책들 있잖아요? 과학교육론 같은 책에서 오개념을 다뤘던 것 같아요.

(C의 사후 면담)

이와 같이 교수학습 자료에 학생에 관한 정보가 충분히 제시되지 않았던 것 또한 학생에 대한 교사의 이해를 어렵게 하고 막연하게 추측하도록 하는 데에 영향을 미쳤을 수 있다. 따라서 교사들이 참고할 수 있는 교수학습 자료에 NOS에 대한 학생들의 이해나 오개념을 풍부하게 제시하여 교사들의 학생에 관한 지식을 높이기 위한 노력도 필요할 것이다.

#### 5. 교수 지향

##### 가. NOS 교수에 대한 의지

A, C, D는 NOS를 가르치고자 하는 의지가 비교적 강했다. 먼저,

A는 공룡 뼈 맞추기 활동을 이용한 수업을 과학탐구실험에서만 아니라 평소 다른 과학 수업에서도 종종 할 정도로 NOS를 가르치고자 하는 의지가 강했다. 또한 이 수업에서 NOS를 가르치기 위하여 임용 시험을 준비할 때 참고했던 과학교육론 관련 서적을 다시 찾아 보았다고 하였으며 실제로 여기서 일부 내용을 발췌해 수업에서 사용할 PPT에 넣기도 하였다. C는 NOS와 관련된 내용이 상대적으로 자세히 설명되어 있다는 이유로 작년에 사용하던 교과서를 올해 다른 교과서로 바꾸었고, 미스터리 박스 활동을 이용한 수업을 3차시로 구성하여 상대적으로 많은 시간을 할애하였다. 그리고 D는 과학탐구 실험의 수업 시간에 미스터리 박스 활동을 이용한 수업 외에도 NOS와 관련된 수업으로 스마트폰 현미경을 활용해 관찰의 본성에 대한 수업을 진행하였고, 화학 I 수업에서도 틴틴이 NOS와 관련된 내용을 다루었다.

A: 저는 이 수업을 과학탐구실험에서만 하는 건 아니고 다른 시간에도 첫 시간 또는 남은 수업 시간 있잖아요? 시험 기간 끝나고 이런 때라도 해요. 학생들한테 (과학의 본성에 대한) 설명이 좀 필요한 것 같더라고요. (A의 사전 면담)

D: (화학 I 수업에서는) '과학 혁명의 구조'에 대해 쉽게 쓰여져 있는 글들을 가지고 와서 아이들에게 과학의 발달에 이런 흐름이 있다고 알려주는 수업도 하고 있어요. (D의 사전 면담)

세 교사의 강한 의지는 NOS를 적극적으로 가르치고자 하는 데 직접적인 영향을 미쳤다. 앞서 살펴본 바와 같이 세 교사가 교육과정과 교과서에 대한 불만족에서 그치지 않고 교육과정을 적극적으로 재구성한 것은 NOS 교수에 대한 의지가 강했기 때문이라고 할 수 있다.

NOS 교수에 대한 의지의 중요성은 B의 사례에서 더욱 명확히 드러났다. 우선, B는 나머지 세 교사에 비해 NOS를 가르치고자 하는 의지가 강하지 않았다. A, D처럼 평소 과학탐구실험이 아닌 다른 과학 수업 시간에 NOS를 다루지 않았으며 앞으로 그럴 계획 또한 없었다.

연구자: 앞으로 수업에서 과학의 본성을 다룰 계획이 있나요?

B: 계획은 없죠. 그렇지만 과학의 본성을 함께 가르치면 재미는 있을 것 같아요.

(B의 사후 면담)

NOS 교수에 대한 B의 약한 의지는 수업의 계획 및 실행 과정에서 NOS를 적극적으로 다루지 않는 모습으로도 나타났다. 앞서 언급한 대로 B는 나머지 세 교사와 마찬가지로 교육과정과 교과서가 NOS를 가르치기에 효과적이지 않다고 생각하였으나 교육과정에서 NOS를 포함하고 있다는 것을 알고 난 후에도 이를 알기 전에 계획했던 대로 교과서를 그대로 따라 수업을 하였다. 또한, 실제 수업에서도 NOS의 학습을 주요한 목표로 두지 않았으며, 수업 중에 NOS를 명시적으로 다루는 장면도 거의 나타나지 않았다. 예를 들어, 1차시 수업에서도 NOS를 명시적으로 다루 기회가 있었으나 이때에도 B는 NOS를 명시적으로 다루지 않았다. 1차시 수업의 앞부분에서는 아리스토텔레스, 갈릴레이, 뉴턴이 각각 낙하 운동을 어떻게 설명하는지에 대한 내용

을 다루었는데, 교육과정에 따르면 이러한 내용은 과학사에서 패러다임의 전환을 가져온 대표적 사례로 제시되는 것이다. 즉, 이 부분에서는 과학 지식의 형성 과정에서 패러다임이 갖는 의미와 과학 지식이 변할 수 있다는 것을 강조할 필요가 있다. 그러나 B는 학생들에게 교과서에 있는 설명을 읽도록 한 후 각 과학자의 설명을 다시 설명하고 요약하는 정도에 그쳤다.

B: 옛날 사람들도 친구들처럼 떨어지는 것에 대해서 관심이 많았어요. 옛날 사람들이 떨어지는 것에 대해서 어떤 관점을 가졌는지 한 번 읽어 볼게요. (교과서 읽음) 아리스토텔레스는 '돌맹이가 땅으로 떨어진다', '연기가 하늘로 올라간다' 이런 게 물체의 고유한 성질이라고 생각을 했어요. ... (중략) ... 갈릴레이는 아리스토텔레스의 설명에 의문을 품었어요. 자, 그래서 물체가 땅으로 떨어지는 현상이 질량과 상관없다는 걸 알아냈어요.

(B의 1차시 수업)

교실 수업에서 NOS 교수를 실천하기 위해서는 NOS 교수에 대한 의지가 필요하다(Lederman, 1999). 특히, NOS 교수에 대한 의지는 학교 현장에서 NOS 교수를 실천하고자 할 때 겪는 다양한 어려움을 극복하는 원동력이 된다는 점(Schwartz & Lederman, 2002)에서도 매우 중요하다. 본 연구에서도 유사한 결과가 나타났는데, NOS 교수에 대한 의가 강했던 세 교사는 교육과정과 교과서에 대한 불만족에도 불구하고 NOS를 적극적으로 가르치고자 하였다. 반면, 의지가 약했던 B는 NOS를 교육과정에서 강조하고 있음에도 이를 수업에서 적극적으로 가르치지 못했다. 즉, NOS 교수에 대한 의지에 따라 수업에서 NOS를 적극적으로 가르치는 정도가 달라졌다. 따라서 교육과정에서의 NOS에 대한 강조가 실제 학교 현장에서의 NOS 교수로 이어지기 위해서는 NOS 교수에 대한 과학교사의 의지를 높일 필요가 있을 것이다. 이때, NOS 교수에 대한 의지는 NOS에 대한 이해와는 별개로, NOS에 대한 이해가 높더라도 NOS 교수에 대한 의지는 낮을 수 있다(Lederman et al., 2001). 그러므로 과학교사의 NOS에 대한 이해를 높이기 위한 노력과 함께 학생들이 NOS를 학습해야 하는 이유와 NOS 학습의 중요성을 소개하는 등의 방법으로 NOS 교수에 대한 의지를 높이기 위한 노력도 이루어질 필요가 있다(Lederman, 1999).

## 나. NOS 학습의 가치

NOS는 과학적 소양의 매우 중요한 요소 중 하나로 NOS의 학습은 다양한 가치를 갖는다(McComas & Nouri, 2016; Olson, 2018; Song et al., 2019). NOS를 학습할 경우 과학 지식이 갖는 성격과 과학 지식의 형성 과정 등 과학에 대한 이해를 높일 수 있고 이는 학생들이 과학 개념을 이해하고 발달하는 데에도 중요한 역할을 한다(Edmondson & Novak, 1993; Lederman, 1992; McComas et al., 1998). 이뿐만 아니라 과학에 대한 흥미나 태도를 높이고, 과학 관련 사회쟁점(socioscientific issues)에 대해 합리적인 의사결정을 하도록 돕기도 한다(Driver et al., 1996; Ryder, 2001).

D는 'NOS를 학습하면 과학을 더욱 잘 이해할 수 있으므로 NOS가 과학이라는 학문 자체를 이해하기 위한 기본 소양'이라고 생각하였다. 따라서 D가 미스터리 박스 활동을 도입한 것은 과학탐구실험이라는 교과를 본격적으로 학습하기에 앞서 과학이라는 학문의 성격을 전반

적으로 소개하기 위한 목적도 있었으며, 마찬가지로의 이유로 화학 I 수업에서 NOS를 다룰 때에는 과학사적 흐름에 따라 변화해온 개념을 가르치기에 앞서 과학 지식의 변화 과정과 관련된 NOS를 다루었다.

D: 그러니까 미스터리 박스 활동도 ‘우리가 앞으로 배울 게 이 활동에서 하는 거다.’, ‘이 활동에서 한 것들을 과학탐구실험 교과에서 같이 할 거다.’라고 소개하는 목적도 있는 거죠. 본격적으로 실험 이런 걸 하기 전에 아이들에게 과학을 보는 시선을 심어주고 싶어서. 2학년 화학 수업에서도 원자 모형을 설명하기 전에 ‘과학 혁명의 구조’ 같은 걸로 아이들에게 과학의 변화 과정을 먼저 알려주고 수업을 하면 아이들이 그거를 보는 관점이 생기더라고요. 그래서 저는 본성 관련된 걸 먼저 가르치고 이걸 기반으로 어떤 지식 흐름을 읽는 것을 가르치는 식으로...

(D의 사전 면담)

나머지 세 명의 교사는 NOS 학습을 통한 비판적 사고력의 함양을 강조하였다. A는 탐구 결과로부터 지식을 학습하는 것보다는 탐구 과정을 통해 과학 지식이 절대적인 것이 아니라는 것을 알고 이를 토대로 일상생활에서도 비판적으로 사고하는 능력을 기르는 것이 중요하다고 응답하였다. 이에 공룡 뼈 맞추기 활동에서도 과학자들이 추론한 것에 가깝게 뼈를 맞추는 것보다는 서로 협력하여 추론하고 토의하는 과정이 중요하다고 하였다. 또한, 공룡 뼈 맞추기 활동을 마친 후에는 과학만능주의가 현대 사회에 만연해 있으므로 비판적 사고력을 길러야 한다고 학생들에게 강조하기도 하였다(Figure 2).

A: (PPT를 가리키며) 주의할 점을 볼까요? 요즘에는 ‘과학’을 여기저기에 다 갖다 붙여요. 커피 과학, 요리 과학 이런 것들이 있어요. 그래서 우리는 더욱 비판적으로 사고해야 하는 거예요. 정말 누가 실험해도 반드시 같은 결과가 나오는가? 아니면 추가적인 해석이 많이 들어가 있는가? 이런 것들을 여러분이 잘 판단을 해야 해요. 그래야 삶을 살면서 아무거나 쉽게 믿지 않고 스스로 현명하게 판단하면서 살 수 있는 거예요.

(A의 2차시 수업)

과학 할 때 주의할 점	과학 할 때 주의할 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>•과학 만능의 시대, 과학 지상주의 시대</li> <li>정보과학, 인지과학, 뇌과학, 생명과학, 지구과학,</li> <li>우주과학, 미래과학, 환경과학, 에너지 과학,</li> <li>수면과학, 인문과학, 사회과학, 심리과학, 요리과학,</li> <li>커피과학, 데이터과학, 범죄과학, 스포츠과학, 생활</li> <li>과학, 과학마술 ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ‘과학적’이다?</li> <li>좋은 것, 옳은 것, 정직한 것, 유익한 것,</li> <li>편리한 것?</li> <li>• 비판적으로 사고하기</li> </ul>

사실인가? 의견인가?

Figure 2. PPT slides of A

B와 C 또한 과학 지식이 급변하는 현대 사회에서 학생들이 스스로 생각하고 판단하는 비판적 사고력을 갖추는 것이 중요하다고 강조하였으며 NOS를 학습함으로써 이와 관련된 능력을 기를 수 있다고 하였다.

B: (NOS를 배워야 하는 이유는) 패러다임은 굳어진 거는 잘 안 바뀌겠지만, 다른 현대적 과학적 지식은 언제든 바뀔 수 있으니까 자기가 스스로 생각하고 판단하는 능력이 있어야 할 것 같아요.

(B의 사전 면담)

C: 과학을 모를수록 과학을 맹신하잖아요. 누군가가 ‘어떤 과학자가 이렇게 주장했대라든지, 그럴듯한 얘기를 했을 때 ‘그런 것 같아’라고 믿을 수 있는데. ‘아니다, 과학이 그렇게 절대적인 건 아니고 결국 이것도 사람들과의 약속이고 체계이기 때문에 바뀔 수 있다’라는 걸 알려주면 애들이 살아가면서 무언가를 결정할 때 좀 도움이 되지 않을까.

(C의 사전 면담)

즉, B를 제외한 세 교사가 인식한 가치는 학생들이 NOS를 학습함으로써 과학의 잠정성을 이해하고 이를 바탕으로 새로운 지식을 접했을 때 이에 대해 비판적으로 사고하는 능력을 기를 수 있다는 측면이었다. 이러한 교사들의 인식은 의사결정에서 비판적인 사고가 중요하고 비판적 사고력을 함양하기 위해서는 NOS에 대한 이해가 필요하다는 점(Yacoubian, 2018)에서 NOS의 학습이 합리적인 의사결정을 도울 수 있다는 의견에 가깝다고 볼 수 있으며, 교사들이 NOS 학습의 가치를 바르게 이해한 긍정적 결과라고 할 수 있다. 한편, 교사들이 이러한 가치를 주로 인식한 데에는 과학적 소양의 함양을 강조하는 최근 교육과정의 추세가 영향을 미친 것으로 보인다. 예를 들어, 2015 개정 교육과정 또한 ‘개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양’의 함양을 목표로 하고 있다. 그러나 본 연구에서는 교사들이 특정한 가치에 주목하는 이유와 이러한 교사들의 인식이 NOS 교수와 어떤 관련이 있는지를 심층적으로 조사하지는 못하였으므로 이와 관련된 후속 연구가 필요하다고 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학탐구실험을 담당하는 과학교사의 NOS 수업에서 나타나는 NOS-PCK를 분석하였다. 분석 결과, 교육과정에 관한 지식 측면에서는 NOS가 핵심 개념으로 제시되는 과학탐구실험의 교육과정을 잘 이해하고 이를 적극적으로 고려한 경우도 있었으나 그렇지 못한 경우도 있었다. 모든 교사가 주어진 탐구 활동이나 교과서의 구성이 어렵고 흥미를 유발하기 힘들다고 생각하였고, 이에 따라 교육과정을 적극적으로 재구성하기도 하였다. 교수전략에 관한 지식 측면에서 교사들은 학생들의 활동을 과학자의 일과 연결하거나 NOS를 직접 설명하는 등 명시적인 모습을 보였다. 그러나 명시적인 접근을 취한 교사들 중 반성적 기회는 제공하지 않거나 충분한 시간을 들이지 않고 압축적으로 진행하는 경우도 있었다. 평가에 관한 지식 측면에서 교사들은 NOS가 일반적인 과학 내용 지식과 같은 학습의 영역이 아니라거나 NOS에 대한 견해는 주관적인 것에 가깝다고 생각하여 NOS에 대한 평가를 실시하지 않았다. 학생에 관한 지식 측면에서 교사들은 평가 결과보다는 자신의 경험에 의존하여 학생들이 과학 지식을 절대적이고 변하지 않는다고 생각할 것이라고 추측하였다. 마지막으로 교수 지향 측면에서 NOS 교수에 대한 의지는 교사들이 수업에서 NOS를 적극적으로 가르치도록 하는 데 중요하게 작용하였으며 교사들은 NOS 학습을 통해 비판적 사고력을 기를 수 있다고 생각하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 학교 현장에서 NOS 수업의 활성화를 위한 방안, 과학교사의 NOS-PCK를 체계적으로 향상하기 위한 교사 교육의 방향 그리고 관련된 후속 연구를 제안하면 다음과 같다.

먼저, 학교 현장에서 NOS 수업이 활발히 이루어지도록 하기 위해

서는 교육과정에서 NOS를 직접적으로 다룰 필요가 있을 것이다. 그동안 우리나라 교육과정에서는 NOS를 꾸준히 강조하여 왔으나, NOS에 대한 이해를 교육의 궁극적인 결과로 기대하는 수준에 그쳤을 뿐 이에 대한 교육 내용을 직접 포함하는 경우는 드물었다. 그러나 과학 탐구실험과 같이 교육과정에서 NOS를 직접적으로 포함할 경우, NOS 교수에 관심과 의지를 가진 교사들은 NOS를 적극적으로 가르치고자 하는 것으로 나타났다. 따라서 NOS에 대한 강조가 교육과정에서의 형식적인 수준에 머물지 않고 학교 현장의 NOS 수업으로 이어지기 위해서는 과학탐구실험과 같이 교육과정의 내용에서 NOS를 직접 포함함으로써 이러한 내용이 교과서에서도 드러나도록 할 필요가 있다.

교육과정과 교과서를 개선하는 것을 넘어 NOS 수업을 위한 다양한 활동을 개발하고 이를 여러 경로로 배포할 필요도 있다. 교사들은 교육과정에서 주어진 탐구 활동과 교과서의 구성 등이 적절하지 않다고 판단할 경우, 연수 등에서 접한 자료를 이용하여 교육과정을 적극적으로 재구성하였기 때문이다. 즉, 교사들이 다양한 교실 상황에 맞춰 교육과정을 재구성할 수 있도록 교과서 이외에도 다양한 교육과정 자료를 제공하여 수업 설계 과정에서의 선택권을 확대한다면, 학교 현장에서 NOS 수업의 실행 가능성이 더욱 커질 것이다. 이때 단순히 여러 활동의 목록을 제공하는 것에서 그치는 것이 아니라 활동을 이용하여 명시적이고 반성적인 접근을 취한 완성된 형태의 구체적인 수업 사례를 제공하는 것도 유용한 방법이 될 수 있다. 예를 들어, 미스터리 박스를 이용한 수업의 사례는 미스터리 박스 활동의 의미, 그리고 이와 관련된 NOS를 학생들이 스스로 생각하고 토론해 보도록 하는 형태의 후속 활동까지 포함할 수 있을 것이다.

자료가 주어지더라도 이를 이용하여 수업으로 구현하는 것은 교사의 역할이고 자료를 이용한 교사들의 수업에서도 부족한 점이 나타났으므로 단순히 활동 자료나 수업 사례를 제시하는 것에서 그치는 것이 아니라 연수 등에서의 지속적인 교사 교육도 필요하다. 연구 결과를 바탕으로 교육의 구체적인 방향을 제시하면 다음과 같다. 먼저, 교육과정에서 NOS를 강조하더라도 이에 대한 교사들의 이해와 고려가 부족한 경우가 있었으므로, 교육과정의 의도와 목적, 내용 등을 교사들에게 소개할 필요가 있다. 이때 교육과정에서 추구하고자 하는 방향과 NOS 학습의 가치를 관련지어 교육한다면 더욱 효과적일 것이다. 예를 들어, 합리적인 의사결정을 돕는 NOS 학습의 가치가 과학적 소양의 함양과 어떠한 관련이 있는지를 구체적으로 소개할 수 있다. 이와 같은 교육은 교사들이 NOS를 학습해야 하는 이유와 NOS 학습의 중요성을 깨달아 NOS 교수에 대한 의지를 높이는 데에도 도움이 될 수 있을 것이다. 마지막으로 명시적인 접근을 취한 교사들도 반성적인 접근은 부족한 경우가 있었으므로, 반성적 접근의 의미와 중요성 그리고 이를 수업에서 구현하기 위한 구체적인 방법 등에 대한 교육도 필요하다.

교사들의 평가에 관한 지식은 전반적으로 부족하였으므로 이에 대한 집중적인 조명도 필요하다. 먼저, 교사들이 NOS에 대한 평가를 실시하지 않은 이유는 NOS에 대한 인식과 관련이 깊었으므로 NOS에 대한 인식 개선을 바탕으로 NOS에 대한 평가의 필요성과 중요성을 교사들이 인식하도록 할 필요가 있다. 또한, 교사들이 더욱 다양한 방법으로 NOS에 대한 평가를 실시할 수 있도록 NOS와 관련된 다양한 평가 방법과 예시 문항을 개발하고 이를 교사들이 손쉽게 참고할 수 있는 자료의 형태로 정리하여 배포하거나 연수 등에서도 소개할

필요가 있다. 이렇게 개발한 평가 방법과 예시 문항을 적극적으로 활용하여 교과서와 지도서를 개선할 수도 있다. 예를 들어, NOS와 관련된 학습 목표를 제시하고 있음에도 NOS에 대한 평가는 제시하지 않는 교과서도 있었으므로, 학습 목표에 맞게 NOS에 대한 평가를 제시할 때 개발한 평가 방법과 예시 문항을 활용할 수 있다. 이상과 같은 노력으로 NOS 평가와 관련된 교사들의 전문성을 높인다면 NOS 수업에서의 체계적인 평가가 이루어질 수 있고, 이는 학생에 대한 교사들의 이해를 높이는 데에도 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

마지막으로 후속 연구를 다음과 같이 제안할 수 있다. 먼저, 본 연구에서는 NOS 교수에 대한 전문성의 중요한 요소인 교사들의 NOS에 대한 이해를 조사하지 않았다. 그러나 NOS에 대한 이해는 NOS에 대한 교수 지향 등 수업에 적지 않은 영향을 미칠 수 있으므로, 향후에는 교사들의 NOS에 대한 이해를 조사하고 이것이 NOS 수업에 미치는 영향이나 관계 등을 집중적으로 조사하는 연구가 필요할 것이다. 이뿐만 아니라 본 연구에서는 다양한 교직 경력의 교사를 연구 참여자로 하였으나 경력에 따른 차이점을 심층적으로 조사하지는 못하였다. 따라서 초임교사와 경력교사의 NOS 수업을 비교하는 것과 같이 교사의 교직 경력에 따라 NOS-PCK의 양상을 비교하는 연구도 필요할 것이다. 또한, 본 연구는 국내 과학교육 분야에서 현직 과학교사의 NOS-PCK를 탐색하는 기초연구이므로 향후에는 각 PCK의 요소를 더욱 심층적으로 분석하는 연구가 필요하다. 예를 들어 교수전략에 관한 지식의 측면에서는 명시적이고 반성적인 접근의 수준을 더욱 세분하여 분석할 수 있을 것이다. 단순히 교사들의 NOS-PCK를 조사하는 것을 넘어 이를 개발하기 위한 연구도 필요한데, NOS-PCK의 발달 과정을 조사하는 연구가 그중 하나가 될 수 있다. 예컨대 현직 과학교사를 대상으로 NOS-PCK의 향상을 위한 연수나 세미나 등을 진행하고 여기에 참여한 교사들이 명시적이고 반성적인 접근을 내면화하는 정도에 따라 NOS-PCK의 발달이 어떻게 다른지 조사하고 이를 바탕으로 과학교사의 NOS-PCK를 개발하기 위한 방안을 정교화할 수 있을 것이다. 한편, 이 연구는 과학교사 4명을 참여자로 하여 이들의 수업을 정성적으로 분석하였으므로, 학교 현장의 NOS 수업 실태를 정량적으로 조사하는 연구도 필요하다.

## 국문요약

이 연구에서는 과학탐구실험 수업에서 나타나는 과학교사의 NOS-PCK를 분석하였다. 수도권에 소재한 고등학교에서 과학탐구실험을 담당하고 있는 4명의 과학교사가 연구에 참여하였다. 이들의 NOS 수업을 관찰하였고, 교수학습 자료를 수집하였으며, 반구조화된 면담을 실시하였다. 수집한 자료를 NOS-PCK의 다섯 가지 요소에 따라 분석하였다. 연구 결과, NOS와 관련된 교육과정에 대한 이해와 고려가 부족한 경우가 있었다. 그리고 주어진 탐구 활동이나 교과서의 구성이 NOS 교수에 효과적이지 않다고 생각하여 교육과정을 적극적으로 재구성하였다. 교수전략의 측면에서 교사들의 수업은 명시적인 접근에 가까웠으나 반성적인 접근은 대체적으로 부족하였다. 교사들은 NOS에 대한 견해가 개인의 주관적인 것이라거나 NOS가 인지적 학습의 영역이 아니라는 등의 이유를 들어 NOS에 대한 평가에 소홀한 모습을 보였다. 교사들은 평가 결과에 기반하기보다는 자신의 경험에 의존하여 학생들의 상태를 추측하였다. 마지막으로 NOS 교수에

대한 의지는 교사의 수업 전반에서 중요한 역할을 하였으며 교사들은 NOS 학습의 가치 중 특정 측면에 주목하였다. 이상의 결과를 바탕으로 NOS 교수에 대한 과학교사의 전문성을 높이기 위한 방안을 논의하였다.

**주제어** : 과학의 본성, 교과교육학 지식(PCK), 과학교사

## References

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087-2107.
- 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.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of 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*, 37(10), 1057-1095.
- 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.
- 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*, 37(4), 295-317.
- Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Akerson, V. L., Morrison, J. A., & McDuffie, A. R. (2006). One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- 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, E. (2020). A case study of science teachers' intention of teaching nature of science -An investigation into interplay between knowledge and beliefs-. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(5), 21-50.
- Deniz, H., & Adibelli, E. (2015). Exploring how second grade elementary teachers translate their nature of science views into classroom practice after a graduate level nature of science course. *Research in Science Education*, 45(6), 867-888.
- Driver, R., Leach, J., Miller, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Bristol, PA: Open University Press.
- Edmondson, K. M., & Novak, J. D. (1993). The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 547-559.
- Elder, A. D. (2002). Characterizing fifth grade students' epistemological beliefs in science. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 347-363). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Elfin, J. T., Glennan, S., & Reisch, G. (1999). The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107-117.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practice and other family categories. Dordrecht, NL: Springer
- Faikhamta, C. (2013). The development of in-service science teachers' understandings of and orientations to teaching the nature of science within a PCK-based NOS course. *Research in Science Education*, 43(2), 847-869.
- 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.
- Friedrichsen, P., Driel, J. H. V., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358-376.
- Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Haney, J. J., Czerniak, C. M., & Lumpe, A. T. (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 971-993.
- 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.
- Hong, H., & Park, J. (2014). Comprehensive presuppositions regarding nature of science, scientific causality, and nature held by in-service secondary science teachers. *Journal of Science Education*, 38(2), 454-469.
- 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.
- Kim, M., Kim, S., Noh, T., & Choi, S. (2019). The influences of integrated science and science inquiry experiment developed under the 2015 Revised National Curriculum on students' interest in science, scientific attitude, views on Science-Technology-Society relationship, and views on nature of science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(6), 791-797.
- Kim, S. H., & Lee, Y. H. (2016). The study on science teachers' understandings of the nature of science (NOS) through the science writing heuristic (SWH). *Biology Education*, 44(3), 538-554.
- 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. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. (pp. 83-126). Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers.
- 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., Schwartz, R. S., Abd-El-Khalick, F., & Bell, R. L. (2001). Pre-service teachers' understanding and teaching of nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(2), 135-160.
- Lim, S.-M., Cheong, W.-Y., & Yang, I.-H. (2010). Elementary science-gifted teachers' views and attitudes toward teaching on nature of science. *Journal of Science Education*, 34(2), 396-404.
- 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). Boston, MA: Kluwer.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science to features of science. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht, NL: Springer
- McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 41-52). Dordrecht, NL: 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) (2011). 2009 Revised Science National Curriculum. Seoul: Ministry of Education.
- Ministry of Education (MOE) (2015). 2015 Revised Science National Curriculum. Seoul: Ministry of Education.
- Mulvey, B. K., & Bell, R. L. (2017). Making learning last: Teachers' long-term retention of improved nature of science conceptions and instructional rationales. *International Journal of Science Education*, 39(1), 62-85.
- Olson, J. K. (2018). The inclusion of the nature of science in nine recent international science education standards documents. *Science & Education*, 27(7-8), 637-660.

- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Park, E., & Hong, H.-G. (2011). Analyzing science-gifted middle school students' understandings of nature of science. *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.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36(1), 1-44.
- 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 Researcher*, 15(2), 4-14.
- Song, J., Kang, S., Kwak, Y., Kim, D., Kim, S., Na, J., ... Joung, 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.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Open coding. In A. Strauss & J. Corbin (Eds.), *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques* (pp. 101-121). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110.
- van Aalderen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2013). Measuring primary teachers' attitudes toward teaching science: Development of the Dimensions of Attitude towards Science (DAS) instrument. *International Journal of Science Education*, 35(4), 577-600.
- van Aalderen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2015). Improving primary teachers' attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 710-734.
- Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308-327.
- Yang, C., Kim, M., Noh, T. (2015). The influences of Integrated Science developed under the 2009 Revised National Curriculum on students' views on nature of science and Science-Technology-Society relationship, interest in science, and science aspiration. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 549-555.
- Yang, S. (2019). Analysis of representations of nature of science and categorization of reflective activities in 'Scientific Inquiry and Experimentation' textbooks: Focusing on 'Scientific Inquiry in the History' chapter. (Master's dissertation). Seoul National University, Seoul.

## 저자정보

김민환(서울대학교 학생)

신해민(서울대학교 학생)

노태희(서울대학교 교수)