

과학교사의 과학의 본성(NOS) 수업에서 나타나는 특징 분석 -2015 개정 교육과정에 따른 ‘과학탐구실험’의 맥락에서-

김민환 · 신해민[†] · 노태희^{†,*}

서울대학교 교육융합연구원

[†]서울대학교 화학교육과

(접수 2022. 6. 21; 게재확정 2022. 7. 29)

The Characteristics of NOS Lessons by Science Teachers: In the Context of ‘Science Inquiry Experiment’ Developed Under the 2015 Revised National Curriculum

Minhwan Kim, Haemin Shin[†], and Taehee Noh^{†,*}

The Center for Educational Research, Seoul National University, Seoul 08826, Korea.

[†]Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 08826, Korea. *E-mail: nohth@snu.ac.kr

(Received June 21, 2022; Accepted July 29, 2022)

요약. 이 연구에서는 과학교사의 NOS 수업을 직접 관찰하고 이 수업에서 나타나는 특징을 분석하였다. 2015 개정 교육과정에 따른 ‘과학탐구실험’의 수업에서 NOS를 가르치고 있는 과학교사 3명이 연구에 참여하였다. 이들의 NOS 수업을 관찰하였고 수업의 전후에 면담을 실시하였다. 수집한 자료는 분석적 귀납법과 지속적 비교 방법을 사용하여 분석하였다. 분석 결과, NOS에 대한 교사들의 전통적 관점이 수업 중에도 그대로 드러났으며 면담에서 현대적인 관점을 보이더라도 수업에서는 전통적인 관점으로 모순된 모습을 보이는 경우도 있었다. 세 교사가 가르친 NOS의 영역은 다양하였으나 ‘잠정성’은 모두 가르쳤으며 이를 중요한 목표로 생각하였다. 교사들은 주로 자신의 전공과 관련된 내용으로 NOS를 가르치고자 하여 NOS 교수는 교사의 전공과 깊은 관련이 있는 것으로 나타났다. 교사들은 미지의 탐구 대상을 추론함으로써 NOS를 학습하는 활동에서 활동의 규칙과 달리 탐구 대상을 공개하기도 하였는데 이것이 오히려 학습 효과를 높일 수 있을 것이라는 견해를 보였다. 마지막으로 교사들은 NOS의 중요성을 강조하였으나 NOS에 대한 평가를 실시하지 않거나 제한된 방법으로만 평가를 실시하는 등 평가에서 부족한 모습을 보였다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 교사교육과 후속 연구의 방향을 제안하였다.

주제어: 과학의 본성(NOS), 과학교사, 과학탐구실험

ABSTRACT. In this study, science teachers' NOS lessons were observed and the characteristics of the lessons were analyzed. Three science teachers who taught NOS in the ‘Science Inquiry Experiment’ developed under the 2015 revised curriculum participated in the study. Their NOS lessons were observed and interviews were conducted before and after lessons. The collected data were analyzed using analytical induction and constant comparative method. The analyses of the result revealed the teachers' naive views on NOS were also revealed during the lessons. There were some cases where they showed naive views during the lessons even if they showed informed views in the interviews. Although the domains of NOS taught by them were diverse, all of them taught ‘tentativeness’ and considered this an important goal. They tended to teach NOS with content related with their major, and teaching NOS was found to be deeply related to their major. In the activity where students learn NOS by inferring the unknown object, teachers disclosed the unknown object, which is unlike the rule of the activity. They thought that could help students' learning. At last, although they emphasized teaching NOS, they either did not assess NOS or assessed NOS in a limited way. Based on the results, some directions for teacher education and follow-up study are suggested.

Key words: Nature of science, Science teacher, Science inquiry experiment

서론

과학의 본성(nature of science; 이하 NOS)에 대한 이해는 오랫동안 과학교육의 중요한 목표 중 하나로 여겨져 왔다.^{1,2} 이에 우리나라의 교육과정을 비롯한 여러 국가의 교육과

정에서도 NOS에 대한 이해를 중요한 목표로 다루고 있다.³ 최근에는 미국의 차세대과학교육표준(Next Generation Science Standards, NGSS)과 같은 과학교육 개혁을 위한 문서에서도 NOS에 대한 이해를 중요한 성취 목표 중 하나로 강조하고 있다.^{4,5} 예를 들어 우리나라의 과학교육표

준(Korean Science Education Standards)에서는 물리, 화학, 생명과학, 지구과학으로 구성되는 전통적인 과학의 기초 지식과 함께 지식 차원의 영역 중 하나로 ‘과학과 사회’를 설정하였는데, 이것은 ‘과학지식과 방법의 본성’, ‘과학과 사회의 상호작용’ 등을 하위영역으로 포함한다.⁶

그러나 NOS가 꾸준히 강조되어 왔음에도 불구하고 정작 학교 현장에서는 NOS 수업이 적극적으로 실행되지 못하고 있다.⁷ 그런데 과학교사들이 NOS 수업을 적극적으로 실행하지 못하는 가장 큰 원인 중 하나로 교육과정의 문제를 생각해 볼 수 있다.⁸ 즉, 교육과정에서 NOS의 학습을 강조하고 있으나 NOS의 학습을 위해 구체적으로 어떤 과학 수업에서 어떠한 학습 경험을 제공해야 하는지 등에 대한 명시는 부재한 모순적인 상황에 머무르고 있다.³ 이는 그동안 NOS에 대한 이해를 별도의 학습이 필요한 영역으로 여기기보다는 과학 내용을 학습할 때 함께 학습되는 ‘부산물(by-product)’로 여겨왔기 때문이다.^{9,10}

우리나라 역시 6차 교육과정 이후 계속해서 NOS에 대한 이해를 강조해 왔으나 이를 단지 목표로 제시하는 수준에 그쳤다.¹¹ 예를 들어 2015 개정 과학과 교육과정도 ‘교수학습 및 평가의 방향’에서 ‘과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학기술사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성, 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도한다’로 서술할 뿐 어떤 내용과 방법으로 NOS를 가르칠 수 있는지 구체적으로 명시하고 있지 않다.¹²

이런 상황에서 2015 개정 교육과정에 신설된 ‘과학탐구실험’의 도입은 학교 현장에서 과학교사들이 NOS 수업을 조금 더 적극적으로 실행할 수 있는 기회를 제공한다. 과학탐구실험은 선택중심 교육과정의 공통 과목으로 통합 과학과 함께 고등학교 1학년 학생들이 모두 이수하는 과목이다. 이 과목은 ‘역사 속의 과학 탐구’, ‘생활 속의 과학 탐구’, ‘침단 과학 탐구’의 세 단원으로 구성되는데, 이 중 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’는 ‘과학의 본성’을 핵심 개념으로 제시하고 있으며, 핵심 개념에 대응하는 일반화된 지식으로는 “과학자들이 탐구실험에서 과학의 다양한 본성이 발견되며, 과학 탐구 수행 과정에서 과학의 본성을 경험한다.”를 제시하였다. 또 이러한 내용 체계에 따라 과학탐구실험 교과서에서도 NOS를 직접적으로 다루고 있다.¹³

그러나 지금까지 과학탐구실험의 맥락에서 NOS 수업과 관련된 연구는 부족했다. 설문과 면담 등을 이용하여 과학탐구실험의 운영 실태나 적용 현황 추이, 개선 방안 등을 조사한 연구가 있었으나 과학탐구실험 전반에 대한 것이었다.¹⁴⁻¹⁷ 즉, 특정 과목에서 일반화된 지식으로 NOS를 포함한 것이 과학탐구실험에서 거의 처음 이루어진 시도임에도 불구하고 1단원을 중심으로 NOS 수업을 분석하거나 이것의 실태를 조사한 연구는 없었다. 그러므로 이 과목에서

NOS 수업을 분석하는 연구가 필요하다고 할 수 있다.

한편, 그동안 현직 과학교사를 대상으로 한 NOS와 관련된 연구는 과학교사의 NOS에 대한 이해를 조사하고 이를 향상하기 위한 연구가 활발히 이루어졌다. 그러나 NOS에 대한 이해를 제외하고 이들의 교수 전략이나 평가 전략 등 수업에 대한 전문성을 조사하고 향상하기 위한 연구는 상대적으로 부족했다.^{18,19} 특히 학교 현장에서 과학교사들에 의한 NOS 수업이 활발히 이루어지고 있지 않으므로 과학교사가 자발적으로 실행하고 있는 NOS 수업을 분석함으로써 NOS 수업의 실태를 조사한 연구는 부족하다. NOS 관련 연구가 비교적 활발히 이루어진 국외에서도 과학교사의 NOS 수업을 분석한 연구는 일정 수준 이상의 전문성 발달 프로그램에 참여한 과학교사를 대상으로 이들에게 NOS 수업을 실행하도록 하고 이 수업을 분석하여 전문성 변화를 조사하는 등 전문성 발달 과정이나 프로그램의 효과 등에 초점을 맞춘 연구가 대부분이었으며,^{8,20-22} 이마저도 예비과학교사를 대상으로 한 연구가 많았다.^{19,23,24}

국내에서는 과학교사의 NOS 수업을 직접 관찰하고 분석하는 연구는 물론이고 면담이나 설문 등의 간접적인 방법으로도 NOS 수업을 분석한 연구는 거의 없었다. 비교적 오래전에 이루어진 연구로 과학교사 한 명의 NOS 수업을 직접 관찰하고 분석한 연구가 있었으나 수업에서 드러나는 과학교사의 NOS에 대한 관점을 분석하는 것에만 초점을 두어 수업 자체에서 드러나는 여러 가지 특징을 자세히 분석하지는 못하였다.²⁵ 최근에는 두 명의 과학교사를 대상으로 연구자가 설계한 NOS 교수 전문성 개발 프로그램을 적용하고 이들이 참여한 설문 조사와 면담 등을 분석함으로써 NOS 교수 의지와 NOS에 대한 이해, NOS 교수에 대한 신념 등의 관계를 조사한 연구가 있었다.¹⁸ 그러나 이 연구 역시 과학교사의 NOS 수업을 직접 분석하지는 못하였다는 한계를 갖는다.

이에 이 연구에서는 과학탐구실험의 도입을 기회로 삼아 학교 현장에서 NOS 수업을 실행하고 있는 과학교사의 NOS 수업을 직접 관찰하고 분석하였다. 그리고 관련 연구가 부족한 국내의 연구 상황에 맞게 구체적인 분석 관점과 분석틀 등을 이용하기보다는 이들의 NOS 수업 전반에서 나타나는 주요한 특징을 분석하였다. 본 연구는 국내에서 현직 과학교사의 NOS 수업을 분석하는 탐색 연구로 향후 과학교사의 NOS 수업 전문성을 조사하고 향상하기 위한 연구에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

연구 방법

연구 참여자 및 연구 절차

본 연구의 목적에 맞게 과학탐구실험의 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’에서 NOS를 가르치고 있는 교사를 모집하였으

Table 1. The characteristics of the participants

Teacher	A	B	C
Career	13 years	6 years	6 years
Major	Physics	Earth Science	Chemistry
Degree	Bachelor	Bachelor	Bachelor

며, 수업 관찰과 면담 등 본 연구의 절차에 적극적으로 참여하고자 하는 의사를 나타낸 교사를 연구 참여자로 선정하였다. Table 1과 같이 A, B, C 세 명의 과학교사가 연구에 참여하였다. 자료 수집 시점인 2019년을 기준으로 A와 B는 2년째 과학탐구실험을 담당하고 있었으며 C는 처음으로 과학탐구실험을 담당하였다. A는 한 학급의 과학탐구실험 수업만을 담당하고 있었으나 B와 C는 여러 학급의 수업을 담당하고 있었다. 세 교사 모두 과학탐구실험 교과 연수를 이수하였으나 이 연수에서 NOS와 관련된 내용은 다루지 않았다고 하였다.

세 교사의 1단원 수업 중 NOS를 가르치는 수업을 본 연구의 분석 대상으로 하였다. 본격적인 자료 수집에 앞서 연구 참여자의 교직 경력, 전공 그리고 NOS 수업 경험 등 배경 변인을 파악하였으며 NOS에 대한 견해를 조사하였다. NOS에 대한 견해를 조사하기 위해 교사들에게 VNOS-C (Views on Nature of Science Questionnaire Form C)²⁶를 작성하도록 하고 작성한 결과를 바탕으로 면담을 실시하였다. 이들의 NOS 수업을 분석하기 위해서는 먼저 교사들이 수업에서 사용할 학생용 활동지, PPT 슬라이드 등의 수업 자료를 수집하였다. 이 자료로부터 수업의 흐름이나 목표 등 수업에 대한 정보를 파악하고 수업을 실행하기 전에 반구조화된 면담을 실시하였다. 면담에서는 앞서 파악한 수업에 대한 정보를 바탕으로 구체적인 수업 계획 과정과 수업 계획의 의도 등을 질문하였다. 예를 들어, PPT 슬라이드에서 수업의 목표로 하는 특정 NOS가 드러난 경우, 이것을 수업의 목표로 한 이유와 수업의 목표를 정하게 된 과정, 이 과정에서 참고한 자료 등을 질문하였다. 교사가 수업을 실행할 때는 이때까지 파악한 정보를 바탕으로 수업을 관찰하고 관찰 노트를 작성하였다. 수업을 관찰할 때는 교사의 발문, 교사와 학생의 상호작용, 수업에 대한 학생의 반응 등 수업 자료와 사전 면담으로 파악하기 어려웠던 정보를 파악하는 것에 초점을 두었다. 여러 학급을 담당하는 교사는 한 학급의 수업만을 관찰하였다. 수업을 마친 후에는 수업 관찰 결과를 토대로 면담을 하였다. 면담에서는 관찰만으로는 명확한 의도를 파악하기 어려웠던 교사의 행동, 발화 등에 대한 의도를 파악하고자 하였으며 수업 중 학생의 반응이나 태도 등에 대한 교사의 의견도 듣고자 하였다. 그리고 수업을 계획했던 대로 실행하지 못한 부분이나 즉흥적으로 실행한 부분 등

이 있는지도 질문하였다. NOS 수업이 여러 차시에 걸쳐 이루어지는 경우, 수업 자료를 수집하는 것부터 수업 후 면담하는 것까지의 과정을 반복하였다. 마지막 차시의 수업을 마치고 이루어진 최종 면담에서는 자신의 수업을 되 돌아보도록 하고 수업에서 개선이 필요한 점, 효과적인 NOS 수업을 위해 필요한 요구 사항, NOS 수업을 계획하고 실행하는 과정 전반에서 겪었던 어려움 등을 질문하였다. 모든 면담은 녹음하였고 전사본을 작성하였다.

세 교사의 NOS 수업

교육과정에서는 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’의 탐구 활동으로 ‘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’의 4가지를 제시하였다. 그러나 본 연구에 참여한 세 교사는 모두 교육과정에서 제시한 탐구 활동을 활용하지 않았으며, 별도의 탐구 활동을 활용하였다.

연구에 참여한 교사들의 NOS 수업을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 먼저 A와 C는 ‘미스터리 박스 활동(Mystery boxes)²⁷’을 수업에서 활용하였다. 이 활동에서 학생들은 미지의 사물이 들어있는 상자를 다양한 방법으로 관찰하고 사물이 무엇인지 추론하는 과정으로 과학자의 탐구 과정을 비유적으로 경험하게 된다. 학생들은 이 활동을 통해 과학적 지식이 경험적 근거에 기반한 추론의 산물이라는 점과 과학자 사회의 합의를 거쳐 형성된다는 점 등의 NOS를 학습할 수 있다. 이 활동은 경기도교육청에서 실시한 과학탐구실험 교과 연수나 STEAM 관련 연수 등에서 소개되어 경기도교육청에 속한 과학교사들 사이에서 비교적 많이 활용되고 있다.

A의 NOS 수업은 연수 자료의 흐름을 거의 그대로 따라 3차시 동안 이루어졌다. A는 NOS 관련 내용을 묻는 사전 보고서를 1차시 수업 전에 과제로 제시하였다. 보고서에 제시된 질문은 패러다임과 패러다임의 전환의 의미, 과학사에서 패러다임의 전환과 우연한 발견으로 발전한 사례 등을 묻는 것이었다. 1차시 수업에서는 도입으로 미스터리 박스 활동의 활동 방법을 소개하였다. 그리고 나서 서로 다른 6개의 사물이 들어있는 6개의 상자를 6개 조가 돌아가면서 관찰하도록 하였다. 학생들은 무게를 어렵게 보거나 흔들어 보는 등 다양한 방법으로 상자를 관찰하였으며 관찰한 결과를 바탕으로 미지의 사물이 무엇인지 추론하였다. 2차시에는 1차시에서 조별로 추론한 결과를 학급 전체에서 토의하는 모의 컨퍼런스 활동을 진행하였다. 컨퍼런스 활동은 6개의 상자에 든 사물이 무엇인지 각 조가 추론한 결과를 발표하고 모든 조의 의견이 일치하는 경우

에는 결론을 확정 짓고, 의견이 엇갈린 사물에 대해서는 토의를 반복하여 결론을 내리는 방식으로 진행되었다. 6개 상자에 대한 합의가 모두 이루어졌을 때 컨퍼런스 활동을 마쳤으며, 이후에는 미스터리 박스가 과학자의 탐구 과정에서 무엇에 해당하는지, 컨퍼런스 활동은 왜 필요한지 등이 활동의 의미를 되짚어 보는 질문을 제시하고 학생들이 생각해 볼 수 있도록 하였다. 3차시에는 2차시에 교사가 던진 질문에 대해 토의한 내용을 발표하고 이에 대해 교사가 코멘트하며 미스터리 박스 활동의 의미를 정리하는 시간을 가졌다. 그리고 이후 시간에는 이때까지의 수업 내용을 바탕으로 수행평가를 진행하였다. 수행평가는 미스터리 박스 활동으로부터 알 수 있는 NOS와 이에 대한 자신의 생각 등을 묻는 개별 보고서를 작성하는 것이었다.

C는 A와 유사한 흐름으로 수업을 구성하였으나 1차시로 압축하여 수업을 진행하였다. 마찬가지로 6개의 미스터리 박스를 6개의 조가 돌아가면서 관찰하고 사물이 무엇인지 추론하였고, 그 결과를 화이트보드에 적어 제출하였다. 그리고 모의 컨퍼런스 활동을 진행하였는데 A의 수업에 비해 간단하게 조별로 추론한 내용을 종합하는 형식으로 진행하였다. 컨퍼런스 활동을 마친 후에는 ‘과학자는 자신의 미스터리 박스를 열 수 있을까요?’, ‘우리 박스 안의 사물에 대해 내린 결론은 어떤 특성이 있나요?’ 등의 질문으로 활동의 의미를 정리하며 활동으로부터 배울 수 있는 NOS를 설명하였다.

B는 STEAM 관련 연수에서 접한 ‘미스터리 뼈 활동 (Mystery bones)²⁸을 NOS를 가르치고자 하는 목적에 맞게 변형하여 2차시에 걸친 수업으로 진행하였다. 이 활동에서는 학생들이 고생물학자의 입장이 되어서 그림으로 주어진 공룡 뼈조각을 가지고 공룡의 본래 모습을 추론하여 뼈조각을 맞춘다. B의 수업 1차시에는 학생들이 공룡의 본래 모습을 추론하는 활동이 이루어졌다. 교사는 학생들에게 활동을 소개한 후 정체를 알 수 없는 공룡의 뼈조각을 인쇄하여 배부하였다. 학생들은 조별로 인쇄된 뼈조각을 오려낸 후에 이를 맞춰보면서 공룡의 형태를 추론하였고 먹이의 종류나 서식하는 환경 등도 함께 추론하였다. 2차시에는 각 조가 자신들의 활동 결과를 발표했으며 6개 조가 모두 발표를 마친 후에는 학급 전체 학생들이 모두 참여하여 가장 설득력 있는 추론 결과를 골라 이를 해당 학급이 합의한 결론으로 도출하였다. 마지막으로 교사가 활동이 갖는 의미를 설명하였고, 이 활동에서 찾을 수 있는 NOS에 대해서도 구체적으로 설명하였다.

분석 방법

교사들의 NOS에 대한 견해는 선행 연구에 따라 NOS의 영역을 7가지로 나누고 각 영역에 대한 이들의 견해를 전

통적인 관점(naive)과 부분적으로 현대적인 관점(partially informed), 현대적인 관점(informed)의 세 가지 수준으로 분석하였다.²⁶ NOS 수업에서 나타나는 특징을 분석하기 위해서는 분석적 귀납법(analytic induction)²⁹과 지속적 비교 방법(constant comparative method)³⁰을 사용하였다. 먼저 수집한 모든 자료를 검토하는 과정을 반복하여 각 교사의 수업에서 나타나는 특징을 도출하였다. 이 과정에서는 두 명의 연구자가 독립적으로 분석을 실시하였으며 다원화(triangulation)의 과정을 거침으로써 연구자의 주관적 해석의 가능성을 줄이고 분석 결과가 갖는 타당성을 높였다. 그리고 각 교사의 수업에서 도출한 특징 중 같은 범주에 속하는 특징을 비교하여 사례 간 공통점과 차이점을 분석하였다. 세 가지 사례의 공통점과 차이점을 묶어 결과로 제시하였으며, 관련된 연구를 참고하여 이러한 결과가 갖는 의미를 해석하고 논의하였다. 예를 들어 수업에서 가르치고자 한 NOS는 세 명의 교사가 모두 달랐으나 ‘잠정성’은 세 교사가 모두 가르치고자 하였다. 따라서 이러한 공통점을 특징으로 뽑고 이 결과가 갖는 의미를 선행 연구의 결과를 토대로 해석하였다. 또한 최근에 이루어진 일부 국외 연구에서는 과학교사들의 NOS 수업에서 평가가 특히 부족하다는 점을 지적하고 있으므로 세 교사의 NOS 수업에서 이루어진 평가를 분석하고 그 결과를 제시하였다. 마지막으로 과학교육 전문가 2인과 현직교사 및 과학교육전공 대학원생이 참여하는 세미나를 실시하여 본 연구에서 제시한 결과와 해석의 타당성을 점검하였다.

연구 결과 및 논의

NOS에 대한 이해와 수업 실행

교사들의 NOS에 대한 이해를 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 국내에서 과학교사의 NOS에 대한 이해를 조사한 여러 선행 연구의 결과와 마찬가지로 본 연구에 참여한 세 교사 또한 일부 영역에서 전통적인 관점이나 부분적으로 현대적인 관점을 보였다.^{31,32} 예를 들어, ‘이론과 법칙’

Table 2. Science teachers' views on the NOS

Teacher	A	B	C
Tentativeness	I	PI	PI
Creativity	I	I	I
Subjectivity	PI	I	I
Empirical Basis	PI	PI	I
Socio-cultural embeddedness	I	I	I
Theory/Law	N	N	I
Observation/Inference	PI	PI	I
Scientific method	PI	N	I

*N: naive, PI: partially informed, I: informed

과학이란?

- 어떠한 의문(자연 현상)에 대해 합리적이고 신뢰성 있는 해답을 얻는 과정

<과학의 탐구과정>

1. 관찰
2. 문제인식
3. 가설설정
4. 탐구 설계 및 실험
5. 가설 검증
6. 법칙, 이론

Figure 1. A presentation slide which explains scientific methods (teacher B).

측면에서 A는 ‘이론이 여러 검증의 과정을 거쳐 발달하면 법칙이 된다’고 응답하여 이론과 법칙을 위계적인 관계로 생각하는 전통적인 관점에 가까운 이해를 보였다. B 또한 ‘법칙은 사실의 영역이며 실험으로 증명할 수 있는 것이고 이론은 사고나 의견의 영역’이라고 하였다.

이때 교사들이 전통적인 관점을 보인 영역을 수업에서 다를 경우, 이들의 전통적인 관점이 그대로 수업으로 이어져 NOS에 대한 바람직하지 못한 설명이 나타났다. 예컨대 B는 ‘과학적 방법’ 측면에서도 전통적인 관점을 갖고 있었고 이러한 관점이 수업에서도 그대로 드러났다. 1차시 수업에서 활동을 시작하기 전에 B는 ‘과학이란 무엇인가’에 대해 설명하면서 과학의 탐구 과정을 관찰, 문제 인식, 가설 설정, 탐구 설계 및 실험, 가설 검증, 법칙과 이론의 생성의 6단계로 설명하였다(Fig. 1). 또한, 2차시 수업에서는 활동을 모두 마친 후 학생들에게 ‘여러분이 의식하지는 못했겠지만 1차시에 설명한 과학의 탐구 과정 6 단계를 모두 거친 것’이라고 학생들에게 설명하였다.

즉, B는 다양한 탐구 방법을 제시하기보다는 가설 설정, 실험 설계, 가설 검증, 결론 도출 등의 정형화된 단계로 과학의 탐구 방법을 설명하였다. 그러나 이와 같이 과학의 탐구 방법을 정형화된 단계로 설명하는 것은 대표적인 선입견이라고 할 수 있다.^{25,26,33}

교사들이 부분적으로 현대적인 관점을 지닌 경우에도 이들의 관점이 수업으로 그대로 이어져 NOS에 대한 부족한 설명이 나타났다. C의 경우 ‘잠정성’ 측면에서 부분적으로 현대적 관점을 드러냈다. 즉, C는 과학 지식이 변할 수 있다고 생각했는데 과학 지식이 변하는 원인으로 과학 기술이나 탐구 방법의 발전만을 제시하였고, 과학자들의 관점 변화나 이에 따른 새로운 해석 등은 제시하지 않았다.

C: 기존의 이 설로 설명되지 않는 상황이랄지 실험 결과랄지 그런 것들이 등장할 때 다른 이론이 등장하고 그렇게 변해 간다고 생각합니다. 더 세밀하게 볼 수 있는 것이랄지, 뭘을

측정할 수 있는 것이랄지, 기술의 발명에 따라서도 그렇게 될 수 있을 것 같고. 여기에 대한 연구가 깊어지면서 데이터가 더 많이 나오지 않을까요?

(C의 면담)

이러한 이해를 바탕으로 C는 수업에서 학생들에게 ‘잠정성’을 설명할 때에도 새로운 과학기술이나 탐구 방법의 발전으로 인해 과학 지식이 변화하는 점만을 설명하였다. C는 수업의 끝부분에서 미스터리 박스 활동의 의미를 정리할 때 ‘박스 안의 내용물이 무엇인지 알기 위해 무슨 방법을 동원할 수 있을까요?’라는 질문을 던지고 다음과 같이 ‘잠정성’을 설명하였다.

C: ‘적외선 카메라로 봤더니 열을 내는 물체가 있더라’ 이렇게 다양한 실험들을 할 수 있고요. 그거를 통해서 데이터를 더 많이 얻으면 그것에 대한 추론이 더 많이 깊어지겠죠. 그렇게 되면서 과학 지식이 더 깊어지고 변할 수 있던 애기예요.

(C의 수업)

그동안 과학교사의 NOS에 대한 이해를 조사한 연구는 국내에서도 적지 않게 이루어졌으나 NOS에 대한 이해와 이들의 수업 실행을 함께 조사한 연구는 거의 없었다.²⁵ 그런데 본 연구 결과 교사들이 전통적인 관점이나 부분적으로 현대적인 관점을 갖고 있는 영역을 수업에서 다를 경우, 이들의 관점이 수업 중의 교수 활동에서도 그대로 드러났다. 교사들의 이러한 모습은 수업에 참여하는 학생들 또한 교사들의 관점을 따라 현대적인 관점에 이르지 못할 가능성을 내포한다. 따라서 학교 현장에서 효과적인 NOS 수업이 실행될 수 있도록 하기 위해서는 과학교사의 NOS에 대한 이해를 개선하기 위한 꾸준한 노력이 요구된다. 특히 과학탐구실험과 같이 NOS를 명시적으로 포함하는 과목을 신설할 경우 이러한 과목을 담당하는 교사를 대상으로 NOS에 대한 연수를 실시하는 등 집중적인 교육이 필요할 것이다.

한편, 면담에서는 현대적인 관점에 가까운 이해를 보였으나 수업에서 이와 관련된 내용을 다룰 때에는 전통적인 관점에 가까운 모습을 나타낸 경우도 있었다. C는 면담 과정에서 ‘과학 지식은 절대적인 진리라기보다는 사회적으로 합의된 추론의 산물’이라고 응답하여 ‘주관성’이나 ‘사회-문화적 착근성’, ‘관찰과 추론’ 등의 영역에서 현대적 관점을 보였다. 그러나 수업에서 학생들이 미스터리 박스의 비유적 의미를 이해하지 못하고 어려워하자 추가적인 설명을 하는 과정에서는 전통적인 관점이 나타나 모순된 모습을 보였다. C는 ‘수업의 마지막 질문으로 오늘



Figure 2. A presentation slide which represents images of atoms (teacher C).

의 활동을 통해 발견한 과학 지식이 갖는 특징은 무엇일까요?’라는 질문에 대한 답으로 학생들에게 ‘잠정성’을 설명하고자 하였는데, 이때 다음과 같이 과거에는 간접적인 실험으로 원자나 전자의 존재를 추론하였지만 현재에는 전자 현미경으로 원자를 직접 관찰할 수 있으며 이를 ‘미스터리 박스를 여는 것’이라고 설명하였다. 그리고 이러한 설명과 함께 전자 현미경을 이용해 원자를 이미지로 표상한 시각자료를 제시하였다(Fig. 2).

C: 이 원자라는 걸 가지고 실험을 해서, 미스터리 박스를 통해 얻은 실험 데이터로 그 안에는 핵이 있고 전자가 있다는 것을 이 분들이 거의 백 년 전쯤에 연구를 하셨던 거예요. 그런데 지금 우리는 원자를 속 시원히 마치 미스터리 박스를 연 것처럼 이렇게 전자 현미경으로 보고 있는 거예요.

(C의 수업)

이와 관련하여 C는 미스터리 박스의 의미를 잘못 이해하거나 이해를 어려워하는 학생들이 많아 이를 쉽게 설명하는 방법을 고민하다가 전자 현미경의 사례로 설명하는 방법을 떠올리게 되었다고 하였다.

연구자: 전자 현미경을 이용한 설명은 어떻게 하다가 하시게 된 건가요?

C: ‘과학자 자신은 미스터리 박스를 열 수 있을까요’ 라는 질문에 애들이 ‘왜 못 열어요?’ 라고 질문해서 ‘연다는 게 뭘까?’ 했더니 아이들의 대답은 ‘연다는 것은 연구를 끝내는 거 아니야? 연구를 그만 두는 거지’ 그러는 거예요. 열면 끝이니깐. 거기서 제가 생각을 하면 할수록 미스터리 박스를 과학자가 못 연다고 생각하기가 어색한 거죠. 곰곰히 생각을 해보니까 그래서 현미경이 떠오른 거예요. 전자 현미경으로 보는 시대니까 미스터리 박스 중에서는 (도구가) 좋은 게 나오면 직접 보고 끝내는 것들도 있다고…. 그래서 그런

부분들은 미스터리 박스가 안 열리는 게 더 많지만 열리는 것도 있다고 봐야겠구나라고 설명을 했죠.

(C의 면담)

그러나 C의 설명은 미스터리 박스를 과학기술이 발전함에 따라 ‘열 수 있는 것’으로 설명함으로써 과학 지식이 ‘발견’될 수 있는 절대적 진리라는 생각을 가져올 수 있다.⁸ 또한, 이러한 설명은 원자 개념에 대한 학생들의 오개념도 가져올 수 있다. 즉, 전자 현미경의 그래픽을 이용하여 표상한 원자 개념의 이미지는 과학적 추론을 바탕으로 재현한 과학적 모형이지만, 전자 현미경을 이용하여 원자를 ‘직접 관찰한다’고 표현하는 것은 학생들에게 전자 현미경으로 원자를 직접 ‘본다’고 생각하도록 하거나 원자가 특정 모양과 색을 띤다는 오개념을 가져올 수도 있다.³⁴

이처럼 교사들이 면담에서는 현대적인 관점을 보이더라도 관련 내용을 수업에서 다룰 때에는 전통적인 관점으로 모순된 모습을 보이는 경우가 있었다. 과학교사의 NOS에 대한 이해와 NOS 교수에 대한 의견을 면담으로 조사한 Leden *et al.*³⁵의 연구에서도 이 결과와 유사한 결과가 나타났다. 이 연구에서 교사들은 일부 영역에서 현대적인 관점을 갖고 있더라도 이를 가르치는 것에 대한 논의에서는 현대적인 관점이 학생들에게 가져올 혼란을 피해야 한다는 등의 이유로 전통적인 관점을 자주 언급하였다. 과학교사의 NOS에 대한 이해와 수업 상황에서 나타나는 모습이 모순되는 것은 다양한 원인에서 기인한 것일 수 있다. 현대적인 관점에 기반한 NOS에 대한 이해가 피상적이었으나 면담에서 이들의 이해를 충분히 밝혀내지 못한 것일 수도 있으며, 교사들의 이해가 비교적 충분하더라도 이들이 자신의 이해를 교수 활동으로 변환하는 과정에서 여러 문제가 생긴 것일 수도 있다. 그러므로 본 연구의 결과를 바탕으로 NOS에 대한 이해와 수업 실행의 관계를 집중적으로 조사하는 후속 연구가 필요하다. 예컨대 NOS의 영역별로 교사의 NOS에 대한 이해와 수업에서 드러나는 모습을 비교 분석하여 어떤 영역이나 어떤 수업 상황에서 모순된 모습이 주로 나타나는지 그리고 그 이유는 무엇인지를 조사할 수 있을 것이다.

수업에서 다루는 NOS의 영역

각 교사가 수업에서 다루는 NOS의 영역을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 영역의 명칭은 교사들이 수업이나 면담에서 사용한 표현을 그대로 사용하였다. 먼저 B는 2차시 수업에서 공통의 모습에 대한 결론까지 도출한 이후 미스터리 박스 활동에서 찾을 수 있는 NOS를 설명하였다. 이때 과학교육론 서적을 참고한 내용을 바탕으로 과학의 ‘가변성’과 ‘사회성’, ‘창의성’, ‘경험적 본성’, ‘이론 의존

성'을 설명하였다. 또한 B가 사용하는 교과서는 '과학은 자연을 이해할 수 있는 대상으로 본다', '과학에는 증거가 필요하다', '과학 이론은 변한다', '과학은 논리성과 창의성이 필요하다'의 네 가지로 NOS를 정리하여 나타냈는데, B는 학생들에게 이를 읽게 하였고 이후 자신이 다시 한번 설명하였다.

A와 C는 같은 미스터리 박스 활동을 활용하여 수업했음에도 불구하고 수업에서 다루는 NOS의 영역이 꽤 달랐다. C는 '잠정성', '사회성', '경험적 본성'만을 다루었고 별도로 교과서를 참고하거나 활용하지 않았다. 반면, A는 교과서를 활용하여 더욱 다양한 영역을 다루었다. C가 다루었던 '잠정성', '사회성', '경험적 본성'을 모두 다루었으며, 교과서에서 제시하고 있는 '과학은 논리와 상상력의 조화로 심지어 우연히 일어나기도 한다'와 '과학은 설명하고 예측한다'까지 다루었다. 나아가 A는 자신이 수업에서 직접 다루지 않은 영역이라도 학생들이 미스터리 박스 활동과 연결지어 설명하는 NOS가 타당하다면 이를 인정하고 함께 설명할 것이라고 하여 수업에서 다루는 NOS에 제한을 두지 않았다.

연구자: 미스터리 박스로 알 수 있는 과학의 본성을 적는 문항에서는 학생들이 다른 설명을 써도 맞게 하시나요?

A: 미스터리 박스 활동과 연계를 시켜야죠. 미스터리 박스의 이런 점이 이런 거(과학의 본성)랑 관계가 있다고. 예를 들어서 미스터리 박스는 과학 지식이 변화한다는 것을 설명할 수 있고, 증거에 기초한다는 것을 설명할 수 있겠죠.
(A의 면담)

이상과 같이 세 교사가 수업에서 가르치고자 하는 NOS의 영역은 다양하였다. 그러나 '과학 이론은 변한다', '가변성' 등으로 지칭하는 표현은 달랐지만 과학 지식이 절대적이지 않거나 변할 수 있다는 '잠정성'은 세 교사 모두 가르치고자 하였다. 교사들은 면담에서 학생들에게 가르쳐야 하는 NOS를 묻는 질문에도 '잠정성'을 가장 먼저 꼽았고, 이를 빈번하게 언급하여 '잠정성'을 중요한 영역으로 인식하고 있음을 알 수 있었다.

A: 과학은 절대적인 것이 아니고 과학자들의 합의에 의해서 바뀔 수도 있는 거고 과학기술이 발달함에 따라 새로운 증거가 발견되면 바뀔 수 있다 이런 내용을 설명해주면 좋을 것 같아요.

(A의 면담)

C: 지식이 그런 역사를 가지고 흘러왔고 충분히 변해갈 수 있다는 맥락으로 아이들에게 이야기를 많이 하잖아요. 요즘은 지식을 창출하는 시대다 그런 맥락에서 과학이 진보

하고 변할 수 있다는 것을 아이들이 알면 조금 더 발전적인 내용을 다룰 수 있지 않을까 생각이 들고요. 그래서 특히 이거에 꽃혀서 가르치려고 했던 것 같아요.

(C의 면담)

과학교사들이 NOS 수업에서 다루는 영역은 수업을 듣는 학생들에게 직접적인 영향을 미친다는 점에서도 중요하지만 다음과 같은 이유로 교사의 NOS 수업 전문성 개발 측면에서도 중요하다. 즉, 교사가 NOS의 특정 영역을 중요하게 생각하여 수업에서 다룰 경우 수업에서의 경험은 해당 영역에 대한 수업 전문성의 발달로 이어질 수 있다.⁸ 이때 교사들이 수업에서 다루거나 중요하게 생각하는 영역은 이들의 NOS에 대한 이해나 교수 지향 등과 관련 있을 수 있다. 예를 들어 교사들은 현대적 관점에 기반하여 높은 이해를 갖고 있는 영역을 수업에서도 강조할 가능성이 크며, NOS 학습으로 비판적 사고력을 향상하는 것에 큰 가치를 두는 교사는 과학 지식의 한계 등을 강조하기 위해 '잠정성'을 가르치는 것이 중요하다고 생각할 수 있다. 따라서 과학교사들이 중요하게 생각하는 영역과 그렇지 않은 영역을 체계적으로 조사하고 이에 대한 이유를 함께 조사한다면 향후 NOS 교육을 위한 교육과정 개발이나 교사의 전문성 발달을 위한 프로그램 개발 등에 유용한 시사점을 얻을 수 있을 것이다.

한편, 교과서를 활용한 A와 B 두 명은 교과서에서 다루고 있는 NOS의 내용을 그대로 수업에 포함하여 교과서의 영향을 크게 받았다. 이때 교과서에서 제시하는 NOS의 영역이 서로 달랐으므로 어떤 교과서를 사용하는지에 따라 NOS 수업의 목표가 달라졌다. 교사에 따라 수업의 구체적인 목표와 내용이 다른 것 자체를 부정적으로 볼 수는 없으나 교사들이 교과서를 기반으로 학생들의 수준이나 교실 상황 등을 고려하여 수업 목표를 재구성하는 것이 아니라 단순히 교과서에서 제시하는 NOS 내용을 그대로 포함한 것은 바람직하다고 보기 어렵다. 특히나 교과서에서 제시하는 NOS에 대한 교사들의 이해가 높지 않을 경우 이를 그대로 수업에 포함하여 가르치는 것은 학생들에게도 전통적인 관점을 전달할 우려가 있으므로 더욱 많은 문제가 발생할 수 있다. 따라서 교사들이 NOS 내용을 다루는 교과서를 어떻게 활용하여 수업을 계획하고 실행하는지 그 과정을 분석하는 연구가 필요하다. 그리고 이러한 연구를 바탕으로 교사들이 교과서를 그대로 따르기 보다는 교육과정과 교과서를 바탕으로 NOS 수업을 능동적으로 재구성할 수 있는 전문성을 기르도록 도울 필요가 있다.

또한 두 교사의 사례에서도 나타난 바와 같이 실제로 과학탐구실험 교과서를 분석한 연구에서는 교과서에 따

라 다루는 영역은 천차만별이었으며 특정한 영역에 편중되어 다양한 영역을 다루지 못하는 문제도 나타났다.¹³ 이는 과학탐구실험의 교육과정에서 핵심 개념으로 ‘과학의 본성’을 포함하고 이에 해당하는 일반화된 지식을 제시하고 있으나 ‘과학의 본성’을 구체화하지 않고 NOS와 관련된 구체적인 성취 목표 등도 명확히 나타내고 있지 않기 때문이라고 할 수 있다. 예를 들어, ‘과학의 본성’에 해당하는 일반화된 지식으로 “과학자들의 탐구실험에서 과학의 다양한 본성이 발견되며, 과학 탐구 수행 과정에서 과학의 본성을 경험한다.”라고 제시하고 있다. 성취기준에서도 ‘과학사에서 우연한 발견으로 이루어진 탐구 실험을 수행하고, 그 과정에서 발견되는 과학의 본성을 설명할 수 있다.’고 나타내고 있을 뿐 어떤 ‘과학의 본성’을 다루어야 하는지 구체적으로 설명하고 있지 않다. 따라서 학생들의 발달 단계나 인지 수준 등을 고려하여 NOS의 어떤 영역을 어느 수준으로 가르쳐야 하는지 등을 조사하는 후속 연구가 필요하다. 그리고 이러한 연구 결과를 바탕으로 교육과정에서 구체적이고 명확한 성취기준을 안내하고 이를 토대로 교과서를 개선할 필요가 있다.

과학교사의 전공과 NOS 수업

본 연구에 참여한 교사들의 NOS 교수는 이들의 전공과 깊은 관련이 있는 것으로 나타났다. 즉, 교사들은 자신이 전공하지 않은 과목에 대해서는 일종의 선입견을 가지고 있거나 구체적인 내용 지식이 부족해 주로 자신의 전공 교과 내용을 활용하여 NOS를 가르쳤다.

먼저 지구과학을 전공하였던 B의 경우 물리와 화학에 대한 선입견을 갖고 있어 이 과목에서 NOS를 가르치기 어렵다고 생각하였다. 앞서 언급한 바와 같이 B는 ‘법칙은 사실의 영역이고, 이론은 의견의 영역’이라는 전통적 관점을 갖고 있었는데, 이러한 관점에서 이어진 생각으로 물리나 화학은 ‘사실의 영역’인 법칙이 대부분을 차지하므로 ‘잠정성’과 같은 NOS를 가르치기 어렵다고 생각한 것이다.

B: 사실은 물리하고 화학 그쪽에서는 크게 얘기할 게 없더라구요. 어차피 실험적으로 증명이 되는 과학이어서 크게 할 게 없는데 생명과학이라든지 지구과학 할 때는 조금 필요한 부분이라서. 그 단원 들어가기 전에 (미스터리 뼈 활동들) 했었어요.

(B의 면담)

다른 전공 영역에 대한 구체적인 내용 지식이 부족해 자신의 전공 교과 내용만을 활용하여 NOS를 가르친 경우도 있었다. 화학을 전공한 C의 경우 자신의 전공이 아닌 과

목은 관련된 과학사 등의 내용을 잘 알지 못하기 때문에 자신이 잘 알고 있는 전공을 가르칠 때만 NOS를 가르쳤다. C는 과학탐구실험 이외에 다른 과학 과목의 수업에서도 종종 NOS를 가르쳤고, 학교 사정으로 생명과학을 가르친 경험도 있었다. 이때 C는 다음과 같이 생명과학 수업에서는 NOS를 다루지 않고, 화학 수업을 할 때만 원자 모형의 변천과 같은 과학사를 활용해 NOS를 가르친다고 하였다.

연구자: 평소에도 과학 수업 하실 때 과학사를 이용해 과학의 본성 같은 걸 가르치려고 하시는 건가요?

C: 화학 가르치고 전에 생명과학1 가르치고 했는데 생물 쪽은 제가 잘 모르겠어서 화1 가르칠 때만 조금 언급했었어요.

연구자: 생물도 어떻게 보면 진화론 같은 걸 이용해서 가르칠 수 있잖아요. 수업하시기 어려운 게 전공 때문에 그렇다는 걸까요?

C: 전공 차이가 확실히 좀 있는 것 같아요.

(C의 면담)

실제로 본 연구에서 관찰한 수업에서 교사들이 NOS를 설명하기 위해 사용한 과학 사례도 각자 자신의 전공과 대부분 일치하였다. 지구과학을 전공한 B는 NOS를 설명하는 과정에서 천동설과 지동설, 베게너의 대륙 이동설과 같은 지구과학의 사례를 들었다. 또한 화학을 전공한 C는 원자 모형의 변천 과정이나 전자 현미경 등의 화학과 관련된 사례를 사용하였다.

B: 그 다음에 또 천동설에서 지동설로. 예전에는 지구가 평평해서 쪽 가다보면 똑 떨어지는 거라고 생각했지만 지금은 다르게 생각을 하는 것처럼 이렇게 변할 수가 있다.

(B의 수업)

C: 교사 자신이 잘 설명할 수 있는 지식의 변화를 마지막에 비유를 들어주면 아이들이 이해하는 데 도움이 될 것 같아서 원자를 가져와서 6차시쯤에서 해봤는데 애들이 조금 이해를 하더라고요.

(C의 면담)

수업 장면을 직접 관찰하지는 못하였으나 물리를 전공한 A 또한 통합과학과 과학탐구실험 수업에서 NOS를 설명하기 위해 자주 사용하는 사례로 ‘팽창 우주론을 주장했으나 당시에는 크게 주목받지 못했던 가모프의 사례’를 들었다.

A: 이제 통합과학 같은 경우도 옛날에 융합 과학을 기반으로 하다보니까 스토리 라인들이 있잖아요. 통합과학도 그 스

토리가 있고, 그래서 제가 약간 과장해서 얘기를 하죠. 드라마틱한 요소로. 예를 들어서 가모프의 우주론 같은 경우도 가모프가 얘기했던 것들이 다 무시당하다가 결국은 뒤쫓아서 증명이 됐고, 증명이 됐지만 노벨상을 못 받고 죽었고, 그 이후에 다른 사람들이 가모프가 얘기했던 것들을 다 맞추었다는 이런 얘기들..

(A의 면담)

교사들이 자신에게 익숙한 전공 내용으로 NOS를 가르치고자 한 것은 자연스러운 결과라고 할 수 있으며, 이는 교사들이 자신에게 익숙한 내용을 가르칠 때 NOS 교수가 성공적으로 이루어질 수 있다는 점⁷에서도 바람직한 결과로 볼 수 있다. 그러나 본 연구에서 교사들이 NOS를 가르친 수업은 과학탐구실험에서 이루어진 것이었다. 선택 중심 교육과정의 공통 과목인 통합과학과 과학탐구실험은 기존의 물리, 화학, 생명과학, 지구과학을 통폐합하거나 융합하여 자연 현상을 통합적으로 이해하는 것을 목적으로 한다.¹² 두 과목과 같이 각 교과를 통합적으로 다루는 과목에서 교사들이 자신의 전공이 아닌 영역을 다룰 때 어려움을 겪는 모습은 2009 개정 교육과정에 따른 융합형 과학 등과 관련된 연구에서도 나타난 바 있다.³⁶⁻³⁸ 그런데 과학교사의 NOS 수업을 분석한 본 연구 결과 이들의 NOS 교수 또한 전공의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 따라서 과학탐구실험과 같이 과학 교과의 통합을 추구하는 과목에서 NOS를 가르치고자 할 때는 교사들이 다양한 교과의 내용을 활용할 수 있도록 도울 필요가 있다. 이를 위해 교과서나 교사용 지도서 등의 교수학습 자료에는 특정 교과에 편중되지 않도록 다양한 교과의 사례를 고르게 제시할 필요가 있으며, 교사들을 대상으로는 통합적 교수 역량을 기를 수 있는 연수를 실시하는 등의 방법으로 교사의 역량을 함양하려는 노력도 필요할 것이다.

미지의 탐구 대상을 추론하는 NOS 활동에서 탐구 대상을 공개하는 것에 대한 견해

A, C는 미스터리 박스 안에 들어 있는 사물이 무엇일지를 추론하도록 하였고, B는 주어진 공통 뿔조각을 가지고 공통의 본래 모습을 추론하도록 하였다. 이 두 활동은 관찰 결과를 바탕으로 미지의 탐구 대상을 추론하고 결론을 합의하는 과정을 포함한다는 공통점이 있다. 미스터리 박스 활동은 과학자의 탐구 과정을 비유하여 표현하고자 하므로 탐구의 대상인 미지의 사물을 공개하지 않는 것을 기본 규칙으로 한다.²⁹ 이러한 점에서 미지의 탐구 대상을 추론하는 NOS 교수 활동에서 교사들이 탐구 대상을 공개한 사례를 ‘과학자들이 절대적인 진리를 알 수 있다’거나 ‘과학 탐구의 대상을 확인할 수 있다’는 등의 전통적인 관

점을 전달할 수 있다는 이유로 부정적으로 해석한 연구도 있었다.⁸ 그러나 본 연구에 참여한 교사들은 미지의 탐구 대상을 공개하는 것의 의미를 뚜렷하게 인지하고 있었으며 이와 관련해 자신만의 명확한 견해를 갖고 있었다.

먼저 A는 과학 지식은 추론의 산물이고 과학적 진리는 알 수 없다는 미스터리 박스 활동의 본래 의도를 수업 시간에 학생들에게 설명하였으며 미지의 사물을 공개하지 않았다. 그리고 면담에서는 ‘미스터리 박스 활동의 의도를 살리기 위해 미지의 사물을 공개하지 않았다’고 응답하였다. 그러나 동시에 동료 교사들이 미지의 사물을 공개하는 것을 포함해 다양한 방법으로 수업을 변형하는 것을 알고 있었으며 이를 부정적으로 생각하지는 않는다고 하였다.

A: 그러면 상자를 열 수 없는 이유는? 열면 그 안에 있는 진리 이런 걸 우리가 알게 되는 거잖아. 그런데 사람들이 궁극적인 진리를 알 수 있을까요? 그건 아니겠지? 곁에 있는 것만 보고 아는 거니까. 그래서 미스터리 박스는 열 수 없다라고 저는 가정을 했어요. 오감을 이용해서 하라, 이런 말들도 그 당시 그 시대의 사람들이 할 수 있는 최선의 방법인 거지. 최선의 방법을 통해서 여러분들도 이러한 진리를 탐구해보자는 의도에서 이걸 만들었어요.

(A의 수업)

A: 저희가 현 시점에서 할 수 있는 것을 표현한 거고 원래 진리는 모르는 것이라고 설명했어요. 그런데 선생님들마다 생각이 다른 것 같더라고요. 안 그래도 이것 관련해서 교사 모임 홈페이지에다가 이 수업 사례를 간단히 올렸었거든요. 그런데 선생님들마다 의견이 다르시더라고요. 정답을 알려주는 게 좋지 않겠느냐, 구멍을 뚫어서 조금이라도 볼 수 있게 하는 게 낫지 않겠느냐 이런 것들이요.

(A의 면담)

B는 학생들이 합의를 마친 후 수업의 마무리 단계에서 과학자들이 추론한 공통의 모습(Fig. 3)을 공개하였다. 아래의 면담 내용을 살펴보면 B는 미스터리 박스 활동 또한 알고 있으며 이 활동에서 미지의 사물을 공개하지 않는다는 것과 그 이유를 충분히 이해하고 있음을 알 수 있다. 그러나 B는 탐구 대상을 공개하면 학생들 자신이 추론한 것과 비교하며 자신들의 추론 결과가 틀릴 수 있다는 한계를 느낄 수 있으므로 자신이 그랬던 것과 같이 탐구 대상을 공개하는 수업도 나름의 의미가 있다고 생각하였다.

B: 과학사 같은 데서도 미스터리 박스라고 해서 팔더라고요. 과학사에서 파는 건 박스가 실제로 정말 잠겨있어요. 왜냐하면 과학적으로 알아낸 거를 확실하게 알 수는 없다는

과학자들이 내린 결론?

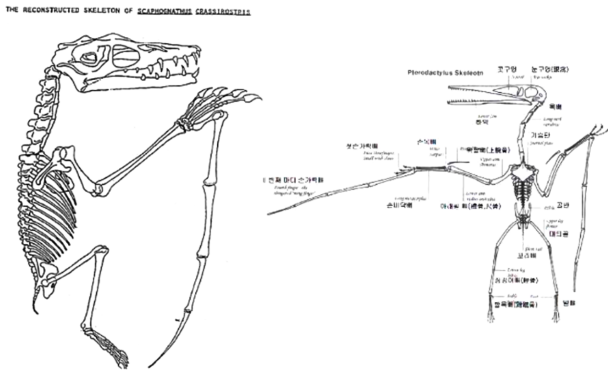


Figure 3. A presentation slide which contains scientists’ reconstruction of mystery bones (teacher B).

한계를 느끼게 하기 위해서 실제로 개방을 못 하게 만들어 놔드라고요. 실제로도 과학이 그렇잖아요. 사실은 미스터리 박스 같은 거 할 때는 안 보여주는 게 그 나름대로 의미가 있다고 하더라고요. 그런데 애들이 궁금해하고 하니까지는 그냥 보여줘요. 왜냐하면 그걸 보여줄 때도 의미가 있고 안 보여줄 때도 의미가 있는 것 같은데, 보여주면 사실은 우리 한계를 더 느끼잖아요. ‘아, 실제로는 저거였는데 우리가 발견을 못했구나, 그리고 내가 이렇게 선입견 때문에 그렇게 과정을 유추를 못했구나, 추리를 못했구나’ 이런 거를 느낄 수도 있어서. 그래서 보여주는 것도 있어요.

(B의 면담)

C 역시 A와 마찬가지로 미스터리 박스는 열 수 없다는 것을 기본 전제로 수업을 하였으며 학생들에게도 이러한 점을 설명하였다. 그러나 학생들이 추론한 결과가 미지의 사물과 많이 달랐던 한 학급에서는 상자를 열어 미지의 사물을 공개하였다. 이에 대해 C는 오히려 미지의 탐구 대상을 공개함으로써 학생들이 과학 지식의 불확실성이나 잠정성, 과학 탐구 과정의 어려움을 느낄 수 있는 계기가 될 수 있을 것 같다고 하여 B와 유사한 견해를 보였다.

C: 박스를 열면 되지만 박스를 열지 못하기 때문에 어떤 그런 측면에서 우리가 명확하게는 정답을 말할 수가 없었어요.

(C의 수업)

C: 마지막 차시에 금요일에 했던 반이 아이들이 정말 열심히 했어요. 그런데 박스 하나를 모두가 잘못 추론한 거죠. 제가 면봉을 넣었는데 다 포스트잇이라고 한 거예요. 그래서 이제 그거를 마지막 반이라서 이걸 효과가 어떨까 해서 하나를 뜯어서 보여줬어요. 그랬더니 아이들이 놀라는 거죠. 우리가 합의한 지식 자체가 전혀 다른 방향으로 갈 수

있다는 걸 경험시켜 주려고 마지막 반에서 한번 해봤는데 괜찮은 거 같아요. 연수에서 만났던 다른 선생님들이 미스터리 박스 수업하셨던 분들이 열어주는 거를 하셨던 분들이 꽤 계시더라고요. 이 부분에서 아이들이 ‘우리가 모두 합의했다라도 전혀 다른 방향으로 지식이 갈 수 있다’는 걸 가르칠 수 있고, 그래서 과학에서의 사회적 측면이 갖는 어려움이랄지, 그런 부분들을 가르치시기도 한 것 같아요. 사실상 우리가 과학사 속에서도 그렇게 왔던 것들이 있잖아요. 잘못된 이론이지만 그때 당시에 인정받았던, 그거랑도 같이 연관 지으면 나중에 과학사를 다룰 때도 좀 도움이 되지 않을까 싶어요.

(C의 면담)

이처럼 교사들은 학생들에게 상자 속 미지의 사물이나 과학자들이 내린 결론을 공개하는 경우가 있었으며 이에 대해 긍정적인 견해를 갖고 있었다. 교사들의 이러한 모습은 미스터리 박스 활동의 기본적인 규칙, 그리고 선행 연구의 해석과 대조된다. 그러나 교사들은 활동의 본래 의도를 충분히 이해한 상태에서 실제 과학 탐구 과정과 마찬가지로 학생들이 추론하고 합의한 결과가 잠정적이라는 것을 강조하기 위해 미지의 탐구 대상을 공개했다는 점에서 주목할 만하다. 따라서 이러한 교사들의 의견을 반영하여 학생들에게 미지의 탐구 대상을 공개하는 방안도 고려할 필요가 있으며 이것이 학생들의 NOS에 대한 견해에 미치는 영향과 장단점 등을 조사하는 후속 연구도 필요할 것이다. 이와 동시에 미지의 탐구 대상을 공개하는 것은 앞서 언급한 바와 같이 학생들에게 전통적인 관점을 전달할 우려도 있으므로 교사의 주의가 필요할 것이다. 즉 미스터리 박스 활동에서는 이것이 실제 과학자의 탐구 과정과 다른 점을 명확히 설명할 필요가 있으며, 공통 뼈 맞추기 활동에서는 과학자들이 제안한 모형 또한 추론의 결과라는 점과 이것 또한 변해왔다는 점을 설명할 필요가 있다.³⁰

NOS 수업에서의 평가

2년째 과학탐구실험을 맡고 있었던 A와 B는 지난해에도 미스터리 박스 활동과 미스터리 뼈 활동을 이용한 수업을 진행하였다. 그런데 2022 대입 개편안에 따라 2019년부터 과학탐구실험의 성적 산출 방식이 9등급을 변별해야 하는 상대평가에서 3등급으로 성취도만을 산출하는 절대평가로 바뀌었다. 과학탐구실험의 실태를 조사한 연구에 따르면 성적 산출 방식이 변화함에 따라 수행평가를 확대 시행하고 중간·기말고사로 이루어지는 지필평가는 실시하지 않는 경우가 많았다.¹⁴ A와 B 또한 이와 마찬가지로 지난해에는 지필평가를 실시하였으나 이번 해에는 지필평

가를 실시하지 않았다. 세 교사의 NOS 수업과 관련된 평가를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저 A는 개별 보고서를 이용한 NOS에 대한 수행평가를 두 해 모두 같은 방식으로 실시하였다. 그러나 중간·기말고사를 실시했던 지난해의 경우 지필평가에서는 NOS에 대한 문항을 출제하지 않았고 교과서에 제시된 실험이나 활동과 관련된 내용 지식을 묻는 문항만을 출제하였다. 예를 들어, 무거운 물체와 가벼운 물체의 낙하 운동에 대한 갈릴레이의 사고 실험에서 무거운 물체가 먼저 떨어진다면 이것이 갖는 의미는 무엇인지 그리고 무거운 물체가 먼저 떨어진다고 할 때 생기는 모순은 무엇인지 등을 묻는 문항이었다.

A: 작년에 출제했던 문제는, 예를 들어, 갈릴레이랑 아리스토텔레스가 서로 무거운 게 먼저 떨어지냐 가벼운 게 먼저 떨어지냐로 논쟁을 했을 때 갈릴레이가 어떻게 될 거라고 주장하는 이런 설명이 교과서에 나와요. 그래서 그걸 애들한테 물어보는 거죠. 이게 갖는 의미가 뭘까. ... (중략) ... 어쨌든 9등급으로 구분해야 하는 거니까 지필평가 문항을 냈었죠.

(A의 면담)

반면 B는 지난해 이루어진 지필평가에서 NOS와 관련된 문항을 출제하였는데, 미스터리 뼈 활동의 내용을 요약해 제시하고 이와 관련된 과학의 탐구 기능과 NOS를 고르는 선다형 문항이었다. 이에 대해 B는 NOS를 학습하는 것도 내용 지식 등을 학습하는 것만큼 중요하다고 생각하여 NOS에 대한 지필평가 문항을 출제하였었다고 밝혔다.

B: 작년(2018년)에는 이 과학탐구실험이 시험을 봐서 등급을 내야 하는 과목이었어요. 그래서 이 활동을 요약해서 글로 주고 나서 (관련된 NOS를) 선택하는 문제를 출제했었어요.

(B의 면담)

그러나 지필평가 이외에 NOS 수업에서 이루어지는 평가는 수업 과정에서 발표나 질문을 한 학생을 기록하여 가산점을 주는 것으로, 과학탐구실험의 모든 단원 수업에서 공통으로 이루어지는 수업 참여도와 태도에 대한 평가뿐이었다. 그리고 이러한 모습은 지필평가를 실시하지 않게 된 2019년에도 이어져 NOS에 대한 평가가 지필평가의 형태로만 이루어졌던 B의 수업에서 2019년에는 NOS와 관련된 어떠한 평가도 이루어지지 않았다. 즉, 성적 산출 방식이 절대평가로 바뀌어 지필평가만이 아니라 더욱 다양한 방식의 수행평가가 이루어질 수 있는 환경이 마련되

있음에도 불구하고 B는 지난해에 실시했던 NOS에 대한 지필평가도 실시하지 않은 것이다. 마지막으로 2019년에 과학탐구실험 교과를 처음 맡은 C 역시 NOS에 대한 평가는 따로 하지 않고 활동지를 성실히 작성하거나 교과서에 수업 내용을 성실하게 필기한 정도를 조사하여 수업 참여도나 태도만을 평가하였다.

이상의 결과를 정리하면 A와 B는 지필평가나 수행평가 중 하나의 방법으로만 NOS에 대한 평가를 실시하였다. 수행평가는 학습의 결과보다는 과정을 평가할 수 있으며 사고력 등의 고차원적인 역량을 평가할 수 있으므로 지필평가보다 더욱 이상적인 평가 방법이라고 할 수 있다. 따라서 NOS 수업에서 지필평가 이외에 다양한 수행평가를 실시할 필요가 있으며, 특히 세 교사의 수업과 같이 NOS 수업이 학생 중심의 활동으로 이루어진 경우 수행평가가 더욱 강조될 필요가 있다. 또한 수행평가가 더욱 이상적인 평가 방법이라고 할 수는 있으나 지필평가 또한 교사의 재량에 따라 탐구 활동의 과정 등을 평가하는 목적으로 활용할 수 있으며, 시간이 많이 소요되지 않고 많은 인원을 평가할 수 있다는 등의 장점도 있다. 나아가 입시가 강조되는 우리나라의 문화에서 특정 내용을 지필평가의 평가 범위에 포함하지 않는 것은 해당 내용이 상대적으로 중요도가 떨어진다는 인상을 줄 수도 있다. 따라서 NOS에 대한 지필평가와 수행평가의 균형 잡힌 평가가 이루어질 필요가 있을 것이다.

그리고 C는 NOS에 대한 평가를 실시하지 않았고 B 또한 성적 산출 방식이 바뀐 해에는 NOS에 대한 평가를 하지 않았다. NOS의 중요성을 인지하고 NOS 수업을 적극적으로 실행하고 있는 교사들이 이에 대한 평가를 실시하지 않는 모습은 모순된다고 할 수 있다. 특히 B는 성적 산출 방식의 변화로 지필평가가 아닌 더욱 다양한 구성주의적 평가가 이루어질 수 있는 환경이 마련되었을 때 오히려 NOS에 대한 평가를 실시하지 않았다. 즉, 성적 산출 방식의 변화로 주어진 평가의 자율성이 오히려 교사들에게 익숙하지 않은 NOS에 대한 평가를 기피하도록 만드는 의도치 않은 결과를 가져왔다. 이러한 결과는 과학탐구실험의 적용 현황 추이를 분석한 연구¹⁵에서 교사들이 성적 산출 방식의 변화가 과정 중심 평가를 구현하는 데 도움이 되었다고 인식한 것과 대조되는 결과라고도 할 수 있다. 다시 말해 절대평가로의 성적 산출 방식 변화가 과학탐구실험의 나머지 영역에서는 평가에 긍정적인 변화를 가져왔을 수 있으나 1단원 수업의 NOS 평가에서는 부정적인 변화를 가져왔을 가능성이 있다.

최근 들어 국외에서 이루어진 일부 연구에서는 과학교사들의 NOS 수업에서 평가가 특히 부족한 것으로 나타났다. 예를 들어 과학교사들은 NOS를 가르치기 위해 다양한 교수전략을 활용하였으나 NOS에 대한 학생들의 이해를

평가하기 위한 특별한 전략을 갖고 있지 않았다.¹⁹ 또한 NOS 수업에서 질문, 퀴즈, 활동지, 발표 등을 이용하여 평가를 실시하더라도 과학 내용 지식만을 평가하고 NOS는 평가하지 않았다.³⁹

본 연구에 참여한 교사들의 NOS 수업을 분석한 결과 NOS에 대한 평가는 제대로 이루어지지 않아 이와 유사한 모습이 나타났으며, 특히 과학탐구실험의 성적 산출 방식이 변화함에 따라 나타나는 특징도 확인할 수 있었다. 따라서 학교 현장의 NOS 수업에서 평가가 더욱 효과적으로 이루어질 수 있도록 하는 방안이 필요하다. 먼저 NOS와 관련된 다양한 평가 방법과 예시 문항을 개발하고 이를 교사들이 손쉽게 참고할 수 있는 자료의 형태로 정리하여 배포하거나 교사용 지도서 등에 제시할 필요가 있다. 그리고 현직교사 연수나 예비교사 교육과정에서도 다양한 평가 방법과 예시를 소개하여 NOS 평가와 관련된 교사들의 전문성을 높일 필요도 있을 것이다.

결론 및 제언

이 연구에서는 과학교사의 NOS 수업에서 나타나는 특징을 분석하였다. 연구 결과, 교사들이 현대적인 관점을 갖지 못한 영역을 수업에서 다룰 경우 이들의 관점이 수업 중의 교수 활동에서도 그대로 드러났다. 또한 면담에서는 현대적인 관점을 보이더라도 관련 내용을 수업에서 다룰 때에는 전통적인 관점으로 모순된 모습을 보이는 경우가 있었다. 세 교사가 수업에서 가르치고자 하는 NOS의 영역은 다양하였으나 '잠정성'은 세 교사 모두 중요하게 가르치고자 하였다. 그리고 교사들은 교과서에서 제시하고 있는 NOS의 내용을 그대로 수업에 포함하여 교과서의 영향을 크게 받았다. 교사들은 자신이 잘 알고 있는 전공을 가르칠 때만 NOS를 가르치고자 하였고, 실제로 교사들이 NOS를 설명하기 위해 사용한 사례도 각자 자신의 전공과 대부분 일치하였다. 교사들은 미지의 탐구 대상을 추론함으로써 NOS를 학습하는 활동에서 학습 효과를 높이기 위해 탐구 대상을 공개하기도 하였으며 이에 대해 긍정적인 견해를 보였다. 마지막으로 교사들은 제한된 방법으로만 NOS에 대한 평가를 실시하였으며 성적 산출 방식이 절대평가로 바뀌자 NOS에 대한 평가를 하지 않는 경우도 있었다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 교사교육과 후속 연구의 방향을 제안하면 다음과 같다.

먼저 과학교사들의 NOS에 대한 이해를 높이기 위한 노력이 계속될 필요가 있다. 과학교육 분야에서 NOS가 강조되기 시작한 이후로 과학교사의 NOS에 대한 이해를 조사하고 향상하기 위한 연구가 적지 않게 이루어졌다. 최근에는 중등교사 임용 시험에도 NOS에 대한 내용이 포함

됨⁴⁰에 따라 사범대학의 정규 교육과정에서도 NOS에 대한 내용을 다루고 있다. 이처럼 과학교사를 대상으로 NOS에 대한 교육이 확대되어 왔음에도 불구하고 교사들의 NOS에 대한 이해는 여전히 부족했다. 특히, 본 연구에 참여한 교사들이 NOS의 중요성을 인식하여 NOS 수업을 적극적으로 실행하고 있는 교사들임을 고려하면 일반적인 교사들의 NOS에 대한 인식과 이해 수준은 더 낮을 것으로 예상해 볼 수 있다. 또한 면담에서는 현대적인 관점에 가까운 견해를 보였던 영역을 수업에서는 전통적인 관점에 가깝게 설명하고 가르치는 경우도 있었다. 이는 교사들의 NOS에 대한 이해가 불안정하고 피상적임과 동시에 교수 활동의 맥락 등에 따라 쉽게 달라질 수 있음을 보여주는 사례라고 할 수 있다. 따라서 과학교사들의 NOS에 대한 이해를 수업과 연계하여 심층적으로 다질 필요가 있을 것이다. 이를 위해서는 본 연구와 같이 과학교사의 NOS에 대한 이해와 이들의 수업을 함께 분석하는 등의 방법으로 NOS에 대한 이해가 수업에서 어떻게 드러나는지 조사하는 후속 연구가 계속될 필요가 있다. 그리고 이러한 연구의 결과를 토대로 교사들이 NOS 교수에 어려움을 겪는 수업의 장면이나 NOS의 영역을 중심으로 이들의 전문성을 높이기 위한 교육이 필요할 것이다.

NOS에 대한 이해와 별개로 NOS 수업에서의 구체적인 교수 및 평가 전략과 관련된 연구와 교육도 필요하다. 과학탐구실험의 도입으로 주어진 기회에 교사들이 NOS 수업을 적극적으로 실행하였던 것은 고무적이지만 구체적인 교수 및 평가 전략은 부족한 모습을 보였다. 따라서 본 연구와 같이 과학교사의 NOS 수업을 분석하는 연구가 필요하고 연구 결과를 바탕으로 처방적인 교육이 필요하다. 예를 들어 본 연구 결과 교사들은 NOS의 특정 영역을 집중하여 가르치는 것으로 나타났으므로 과학교사들이 NOS 수업에서 중요하게 생각하는 목표와 그 이유를 함께 조사하고 교육과정 등의 방향에 맞는 다양한 NOS를 목표로 삼고 수업을 계획 및 실행하도록 교육할 수 있다. 또한 미지의 탐구 대상을 추론함으로써 NOS를 학습하는 활동에서 교사들은 학생들을 가르친 경험을 바탕으로 탐구 대상을 공개하는 것도 효과적이라고 생각하고 있었다. 이런 전략의 효과 등은 아직 밝혀지지 않았으므로 이러한 전략이 학생들의 NOS에 대한 견해에 미치는 영향과 장단점 등을 조사하는 후속 연구가 이루어진다면 NOS 수업에서 새로운 교수 전략의 개발로도 이어질 수 있다. 교수 전략 뿐 아니라 평가 전략의 관점에서 교사들은 다양한 평가 방법을 활용하지 못하였고 NOS에 대한 평가를 실시하지 않는 등 부족한 모습을 보였다. 따라서 교실 수업에서 적합한 NOS 평가 전략을 개발하고 이를 교육할 필요도 있다.

마지막으로 NOS와 관련된 교육과정과 교과서를 개선

하고 제도를 보완할 필요도 있다. 우선 교과서에서 제시하는 NOS의 영역이 상당히 다양했으므로 학생들의 발달 단계나 인지 수준 등을 고려하여 NOS의 어떤 영역을 어느 수준에서 가르쳐야 하는지 등을 조사하는 기초 연구가 필요하다. 그리고 이러한 연구 결과를 바탕으로 교육과정에서 구체적이고 명확한 성취기준을 제시할 필요가 있다. 또 교사들은 교과서에 제시된 NOS의 영역을 그대로 가르치는 경향이 있었으므로 교육과정의 개선을 바탕으로 교과서도 개선할 필요가 있다. 교과서에서는 앞서 언급했던 교수 전략과 평가 전략도 구체적으로 안내할 필요가 있을 것이다. 또한 과학교사들은 자신에게 익숙한 전공 내용으로 NOS를 가르침으로써 교사들의 전공이 NOS 수업에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 과학탐구실험과 같이 과학 교과와의 통합을 추구하는 과목에서는 NOS를 설명하는 사례를 각 교과에서 고르게 제시할 필요가 있다. 그러나 그동안 NOS를 설명하는 사례가 물리나 지구과학 등 특정 교과목의 사례에 편중되는 경향이 있었으므로 각 교과에서 NOS의 사례를 풍부하게 개발하려는 노력이 우선시 될 필요가 있다. NOS의 사례가 특정 과목에 편중되었던 것은 화학이나 생명과학 등 다른 과목을 전공한 교사가 NOS를 가르치는 것에 어려움을 가져왔을 수도 있으므로, 각 교과에서 다양한 NOS의 사례를 개발하는 것은 학교 현장에서 NOS 수업이 적극적으로 실행되도록 하는 것에도 기여할 수 있을 것이다.

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

REFERENCES

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). *Project 2061: Benchmarks for Science Literacy*; Oxford University Press: New York, U.S.A., 1993.
- National Research Council (NRC). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*; The National Academies Press: Washington, DC, 2011.
- Olson, J. K. *Science & Education* **2018**, *27*, 637.
- NGSS Lead States (NGSS). *Next Generation Science Standards: For states, by states*; The National Academies Press: Washington, DC, 2013.
- McComas, W. F.; Nouri, N. *Journal of Science Teacher Education* **2016**, *27*, 555.
- Song, J.; Kang, S.-J.; Kwak, Y.; Kim, D.; Kim, S.; Na, J.; Do, J.-H.; Min, B.-G.; Park, S. C.; Bae, S.-M.; Son, Y.-A.; Son, J. W.; Oh, P. S.; Lee, J.-K.; Lee, H. J.; Ihm, H.; Jeong, D. H.; Jung, J. H.; Kim, J.; Joung, Y. J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 465.
- Schwartz, R. S.; Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 205.
- Deniz, H.; Adibelli, E. *Research in Science Education* **2015**, *45*, 867.
- Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N. G. *International Journal of Science Education* **2000**, *22*, 665.
- Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, *36*, 916.
- Lee, J.; Park, Y.; Jung, D. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* **2016**, *9*, 217.
- Ministry of Education. *2015 Revised Science National Curriculum*; Ministry of Education: Seoul, Korea, 2015.
- Yang, S. 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. Ms. Thesis, Seoul National University, Seoul, February 2019.
- Byun, T.; Baek, J.; Shim, H.-P.; Lee, D. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 669.
- Kwak, Y. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* **2020**, *13*, 53.
- Kwak, Y.; Shin, Y. *Biology Education* **2021**, *49*, 205.
- Kwak, Y.; Shin, Y. *Journal of Science Education* **2021**, *45*, 143.
- Cho, E. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2020**, *20*, 21.
- Hanuscin, D. L.; Lee, M. H.; Akerson, V. L. *Science Education* **2011**, *95*, 145.
- Bartos, S. A.; Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching* **2014**, *51*, 1150.
- Herman, B. C.; Clough, M. P.; Olson, J. K. *Science Education* **2013**, *97*, 271.
- Wahbeh, N.; Abd-El-Khalick, F. *International Journal of Science Education* **2014**, *36*, 425.
- Demirdöğen, B.; Hanuscin, D. L.; Uzuntiryaki-Kondakci, E.; Köseoğlu, F. *Research in Science Education* **2016**, *46*, 575.
- Mesci, G.; Schwartz, R. S.; Pleasants, B. A. S. *Science & Education* **2020**, *29*, 263.
- Kim, J.-Y.; Jeon, E.-K.; Paik, S.-H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2007**, *27*, 809.
- Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Schwartz, R. S. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 497.
- French, M. *School Science Review* **2012**, *94*, 15.
- Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Lederman, J. S. In *Nature of Science in Science Instruction*; McComas W. F., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2020; p 295.
- Bogdan, R. C.; Biklen, S. K. *Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods*; Allyn & Bacon: Needham Heights, MA, U.S.A., 2006.
- Strauss, A. L.; Corbin, J. M. *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*; Sage Publications Inc.: Los Angeles, CA, U.S.A., 1998.

31. Han, J.-S.; Chung, Y.-L. *Journal of the Korean Association for Science Education* **1997**, *17*, 119.
 32. Lim, S.-M.; Cheong, W.-Y.; Yang, I.-H. *Journal of Science Education* **2010**, *34*, 396.
 33. Han, S.; Choi, S.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 82.
 34. Noh, T.; Yoon, M.; Han, J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2009**, *53*, 355.
 35. Leden, L.; Hansson, L.; Redfors, A.; Ideland, M. *Science & Education* **2015**, *24*, 1141.
 36. Shin, Y.; Choi, B. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 1599.
 37. Eoum, H.; Moon, S. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* **2014**, *7*, 203.
 38. Yoon, H.; Yoon, W.; Woo, A. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2011**, *15*, 757.
 39. Supprakob, S.; Faikhamta, C.; Suwanruji, P. *Chemistry Education Research and Practice* **2016**, *17*, 1067.
 40. Lee, B.; Shim, K.-C.; Shin, M.-K.; Kim, J.; Choi, J.; Park, E.; Yoon, J.; Kwon, Y.; Kim, Y. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, *33*, 794.
-