



과학탐구실험의 ‘역사 속의 과학 탐구’에서 과학교사의 NOS 평가 실행에 대한 사례 연구

김민환¹, 김혜린², 장지수², 노태희^{2*}
¹서울대학교 교육종합연구원, ²서울대학교

A Case Study on Science Teachers' Implementation of NOS Assessments in 'Scientific Inquiries in the History' of Science Inquiry Experiment

Minhwan Kim¹, Haerheon Kim², Jisu Jang², Taehee Noh^{2*}

¹Center for Educational Research, Seoul National University, ²Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 February 2023

Received in revised form

3 April 2023

Accepted 19 April 2023

Keywords:

the 2015 Revised Curriculum,
Science Inquiry Experiment,
NOS, assessment

ABSTRACT

In this study, we comprehensively investigated the cases of science teachers who implemented NOS assessments in Science Inquiry Experiment. Two science teachers working at high schools located in Seoul who taught and assessed NOS in Science Inquiry Experiment according to the 2015 revised curriculum participated in the study. We collected lesson and assessment materials and observed NOS lessons and assessments. We also conducted interviews. Based on the collected data, we analyzed the processes of the teachers' NOS assessments. The analyses of the results revealed that the teachers constructed the assessments by themselves due to a lack of NOS assessment experience and related materials. They had difficulties in selecting an appropriate assessment method and constructing assessment questions and criteria. Both teachers found it difficult to assess an understanding of NOS because it concerns the subjective views of individual students. Therefore, they had difficulties in setting detailed assessment criteria, which also led to difficulties in the overall assessment process. There was a difference in the reflective level of the assessments between the two teachers. In the reflective activities of low levels, the assessments were not properly enacted because it was difficult to infer students' understanding. Orientation toward teaching NOS influenced the perceptions of NOS assessment and overall lessons, resulting in a difference in NOS assessments. Finally, the absolute evaluation of Science Inquiry Experiment also affected teachers' NOS assessments. Based on the above results, implications for effective NOS assessments in schools are discussed.

1. 서론

과학의 본성(Nature of Science; NOS)은 과학교육의 중요한 목표로 오랫동안 강조되어 왔다(AAAS, 1993; McComas & Nouri, 2016; NGSS Lead States(NGSS), 2013; NRC, 2011; Song *et al.*, 2019). 우리나라의 과학과 교육과정에서도 제6차 교육과정부터 NOS에 대한 교육을 중요한 목표로 포함하였다. 그러나 이를 단지 추상적인 목표로 제시하는 수준에 그쳤으며(Lee *et al.*, 2016), 교육과정의 어떤 내용으로 어떻게 NOS를 가르칠 수 있는지에 대한 구체적인 언급은 부족했다(MOE, 2015). 이러한 점에서 선택 중심 교육과정의 공통 과목으로 신설한 과학탐구실험에서 NOS를 구체적인 학습 내용으로 제시한 것은 2015 개정 교육과정의 특징 중 하나이다. 과학탐구실험의 내용 체계에서는 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’의 핵심 개념으로 ‘과학의 본성’과 ‘과학자의 탐구 방법’을 제시하였고, 각 핵심 개념에 해당하는 일반화된 지식을 “과학자들의 탐구실험에서 과학의 다양한 본성이 발견되며, 과학 탐구 수행 과정에서 과학의 본성을 경험한다.”와 “주제에 따라 다양한 과학 탐구 방법이 활용된다.”로 설명하였다(MOE,

2015). 최근 발표된 2022 개정 교육과정을 살펴보면 과학탐구실험에서 NOS를 계속해서 강조하고 있다. 따라서 과학탐구실험 과목을 중심으로 학교 현장에서 NOS 수업이 적극적으로 실행될 기회가 마련되었다고 할 수 있다.

NOS 수업에 대한 접근 방식은 크게 암묵적(implicit) 접근과 명시적(explicit) 접근으로 나누어 볼 수 있다. 암묵적 접근은 일반적인 과학 수업에서와 같이 학생들이 실험 등의 탐구 과정을 경험함으로써 과학 개념의 학습과 함께 NOS의 학습이 이루어지도록 하는 방식을 말한다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Lawson, 1982; Rowe, 1974). 그러나 암묵적 접근이 학생들의 NOS 학습에 효과적이지 않은 것으로 나타남에 따라 명시적 접근이 주목되었다. 명시적 접근은 NOS의 학습을 과학 개념 학습의 ‘부산물(by-product)’로 여기는 암묵적 접근과 달리 의도된 학습의 결과로 본다(Lederman *et al.*, 2001). 명시적 접근의 NOS 수업에서 교사는 NOS의 학습을 별도의 인지적인 학습 목표로 여기고 이를 위한 교수활동을 의도적으로 계획하게 된다. 지금까지 이루어진 많은 연구에서 명시적 접근의 수업이 학생들의 NOS 학습에 효과적임을 보고하였다(Akerson *et al.*, 2000;

* 교신저자 : 노태희 (nohth@snu.ac.kr)

이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 중견연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021S1A5A2A01061452)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.3.191>

Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Shapiro, 1996). 따라서 학교 현장에서의 NOS 수업도 명시적으로 이루어질 필요가 있다. 이때 NOS의 학습은 의도되고 계획되어야 하므로, 교수뿐만 아니라 평가도 교사의 의도에 따라 계획적으로 실행되어야 한다. 다시 말해 NOS에 대한 평가는 효과적인 NOS 학습을 위한 필수 조건이라고 할 수 있다.

그러나 과학교사들은 교실에서 학생들의 NOS에 대한 이해를 평가하지 않는 경향이 있다(Bell *et al.*, 2000; Hanuscin, 2013; Hanuscin *et al.*, 2011; Supprakob *et al.*, 2016). 예를 들어 과학교사들은 다양한 교수전략을 활용하여 NOS를 가르쳤으나 NOS에 대한 학생들의 이해는 평가하지 않았다(Hanuscin *et al.*, 2011). 또한 NOS 수업에서 질문이나 퀴즈 등을 이용하여 평가를 하더라도 NOS는 평가하지 않고 과학 내용 지식만을 평가하였으며 NOS를 평가 대상으로도 생각하지 않았다(Supprakob *et al.*, 2016). NOS를 평가하는 경우에도 질문이나 상호작용과 같은 비형식 평가에만 의존하거나 교사의 직관으로만 수업이 잘 이루어졌는지 판단하려는 모습을 보이는 등 과학교사들은 NOS 수업에서 평가 전문성이 부족한 모습을 드러내었다(Bartholomew *et al.*, 2004; Schwartz & Lederman, 2002).

과학탐구실험에서의 NOS 수업을 분석한 국내 연구에서도 유사한 결과가 나타났다. 예컨대 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’ 수업에서 NOS를 가르치기 위하여 다양한 전략을 사용한 교사조차 NOS를 평가 대상으로 생각하지 않고 NOS에 대한 평가를 실시하지 않았다(Kim *et al.*, 2020). 또한 NOS에 대한 평가를 실시한 일부 교사들의 경우에도 지필평가나 수행평가 중 단일한 방법으로만 NOS를 평가하였으며, NOS에 대한 평가를 실시하였던 교사가 과학탐구실험의 평가 제도가 절대평가로 전환되자 NOS에 대한 평가를 하지 않기도 했다(Kim *et al.*, 2022c). 교사 70명을 대상으로 과학탐구실험 1단원에서의 평가 실태를 조사한 Kim *et al.*(2022b)의 연구에서도 NOS를 평가하는 교사는 절반에 이르지 못하였다. 따라서 과학탐구실험의 NOS 수업에서 교사들이 평가를 효과적으로 실행할 수 있도록 이들의 전문성을 개발할 필요가 있으며 이를 위한 기초 연구도 계속될 필요가 있다.

그러나 이상의 연구들은 NOS 수업의 여러 장면 중 일부분으로서 평가를 분석하거나(Kim *et al.*, 2020, 2022c), 다수의 교사를 대상으로 평가 실태를 조사한 정량 연구였다(Kim *et al.*, 2022b). 과학교사의 평가 실행 과정을 심층적으로 분석한 연구는 국내뿐 아니라 NOS 관련 연구가 상대적으로 활발히 이루어진 국외에서도 거의 이루어지지 않았다. 즉, 교사들이 구체적으로 어떤 문항과 방법으로 NOS를 평가하고자 하는지, 어떤 준거로 학생들을 변별하고 채점하였으며 평가 결과는 어떻게 활용하였는지 등 교사가 NOS 평가를 계획하고 실행하는 전반의 과정에 대한 정보가 매우 부족한 상황이다.

이에 이 연구에서는 과학교사의 NOS 평가 실행 과정 전반을 탐색하고자 하였다. 즉, NOS 평가 실행 과정을 분석하여 과학교사들이 이 과정에서 겪는 어려움이나 문제점 등을 살펴보고자 하였다. 그리고 NOS 평가 실행 과정에는 다양한 요인이 관련될 수 있으므로 이러한 요인들 또한 함께 살펴보았다. 예를 들어 NOS에 대한 교수지향, NOS 평가에 대한 교사의 경험이나 인식 등에 따라 이들의 평가 실행이 달라질 수 있으며, 구체적으로는 교사들이 사용하는 평가 방법이나 평가 문항에 따라서도 평가 실행 양상이 크게 달라질 수 있다. 교사 외적인 요인으로는 교사들이 수업과 평가를 위해 참고하는 교과서 등의 다양한 교수학습 및 평가 자료 등도 NOS 평가에 영향을

미칠 수 있을 것이다. 더불어 2019년부터 과학탐구실험의 성취도를 세 단계로 산출하는 절대평가 방식의 평가 제도가 적용되기 시작했으며, 이로 인해 과학탐구실험을 담당하는 교사들이 상대적으로 낮은 제도 안에서 학생들을 평가해야 한다. 이러한 상황 또한 교사의 평가 실행에 영향을 미칠 수 있다.

이때 사례 연구(Yin, 2011)는 다양한 질적 자료를 수집함으로써 사례에 대한 상세한 이해를 이끌어내는 데 적합한 방법이므로, NOS 평가를 둘러싼 복합적인 상황을 총체적으로 이해하기에 적합하다고 할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 과학교사 2인의 사례를 심층적으로 분석함으로써 과학교사의 NOS 평가 실행 과정을 탐색하였다. 이로써 학교 현장에서 NOS 평가가 적극적으로 이루어지기 위한 논의와 시사점을 이끌어내고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구에서는 사례 연구(Yin, 2011)를 통해 과학교사의 NOS 평가 실행 과정을 심층적으로 분석하고자 하였다. 사례 연구는 일반적으로 4-5개 이하의 사례를 포함하며, 다중 사례 연구의 경우 15명 이하의 사례를 포함하기도 한다(Creswell & Poth, 2016; Stake, 2013; Yin, 2011). 본 연구에서는 사례 연구를 통해 NOS와 관련된 과학교사의 전문성을 조사한 선행 연구(Cho, 2020; Go *et al.*, 2013; Mesci *et al.*, 2020; Schwartz & Lederman, 2002)를 따라 과학교사 2명을 연구 참여자로 선정하고자 하였다. 또한 본 연구에 참여하는 과학교사는 NOS에 대한 일정 수준 이상의 이해를 갖추고 있으며 과학탐구실험에서 NOS 수업과 평가를 모두 실행해야 한다. 그러나 여러 선행 연구에서 밝힌 바와 같이 NOS 평가는 물론이고 NOS 수업을 실행하는 교사도 많지 않은 상황이다. 본 연구에 참여할 교사를 모집할 때도 많은 교사들이 과학탐구실험에서 NOS를 가르치고 평가해야 한다는 것을 인식하지 못한 채 교과서에 주어진 실험 위주로 수업을 하는 경우가 많았으며, 교사들이 NOS가 무엇인지 되묻는 경우도 있었다. 따라서 교사들의 수업 계획을 간략히 조사하여 이상의 조건을 만족하는 교사를 목적 표집하였다. 마지막으로 이 연구는 여러 차례의 개별 면담을 포함하므로 교사들에게 많은 시간을 요구하고 교사들은 자신의 수업뿐만 아니라 평가 계획과 결과를 모두 공개해야 한다는 점에서 부담을 느끼는 경우가 많았다. 그러므로 본 연구의 필요성에 공감하며 연구에 적극적으로 협조할 수 있는 교사를 모집해야 했다.

이러한 과정을 거쳐 두 명의 과학교사 A와 B가 연구에 참여하였다. A, B는 서울시에 소재한 서로 다른 고등학교에 근무 중인 2년 경력의 교사로, 두 교사 모두 처음으로 과학탐구실험을 담당하였다. A는 생물교육 전공으로 통합과학과 과학탐구실험을 담당하였으며 과학탐구실험의 경우 1학년 10학급을 전담하였다. B는 화학교육 전공으로, 과학탐구실험 외에 통합과학, 화학I, 화학II를 담당하였다. 이 중 과학탐구실험의 경우 1학년 7학급 중 5학급을 담당하였으며, 나머지 2학급은 2명의 교사가 한 학급씩 나누어 담당하였다. A와 B 모두 예비교사 교육과정에서 전공필수 수업을 통해 NOS를 학습한 경험이 있었으나 교사가 된 이후 NOS와 관련된 연수나 교사 모임 등에 참여한 적은 없었다. 두 교사의 NOS에 대한 이해를 분석한 결과를 table 1에

나타내었다. 두 교사 모두 모든 하위 영역에서 현대적(informed)이거나 부분적으로 현대적인(partially informed) 견해를 갖고 있었다.

Table 1. Teachers' views on the NOS

| Teacher | A | B |
|-----------------------------|----|----|
| Tentativeness | I | PI |
| Creativity | PI | I |
| Subjectivity | I | PI |
| Empirical basis | I | I |
| Socio-cultural embeddedness | I | PI |
| Theory/law | I | I |
| Scientific method | PI | PI |

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

2. 연구 절차

과학탐구실험의 1단원인 '역사 속의 과학 탐구'에서 이루어지는 두 교사의 수업 중 NOS를 가르치고 평가하는 수업을 분석 대상으로, 면담과 관찰, 문서 자료 수집 등 사례 연구를 위한 포괄적인 자료 수집을 실시하였다(Yin, 2011). 우선 본격적인 자료 수집에 앞서 교직 경력, NOS 수업 경험, NOS 연구 경험, NOS 교수지향 등의 배경 변인을 파악하기 위한 면담을 실시하였으며, 이때 교사의 NOS에 대한 이해를 조사하고자 VNOS-C(Views on Nature of Science Questionnaire Form C; Lederman *et al.*, 2002)를 바탕으로 한 면담도 함께 하였다. 그리고 수업 관찰 전 평가 계획서, 평가에서 사용할 활동지 등 평가에 대한 자료와 교수학습 과정안, PPT 자료 등의 교수학습 자료를 수집하였다. 수집한 자료를 예비 분석하고 수업과 평가를 관찰하기 전에 면담을 실시하였다. 이 면담에서는 특정한 평가 방법을 선택한 의도, 평가 준거, 예비 분석에서 파악하기 어려웠던 구체적인 수업 계획과 평가 계획 등을 질문하였다. 이후 교사의 수업과 평가를 관찰하였으며 관찰 노트를 작성하였다. 또 평가에 대한 학생들의 응답이나 산출물, 그리고 이를 교사가 평가한 결과 중 일부를 수집하였다. 예를 들어 수업에서 실험을 하고 실험 보고서로 평가를 하는 경우, 일부 학생들이 작성한 실험 보고서와 교사가 이를 평가한 결과를 수집하였고 교사가 학생들에게 피드백을 제공할 경우 이 내용까지 수집하였다. 수업이 끝난 뒤에는 수업과 평가 경험에 대한 면담을 실시하였다. 이상의 과정을 여러 차시의 NOS 수업에서 반복하였으며 마지막 면담에서는 과학탐구실험의 맥락에서 교실 수업에 적합한 NOS 평가 방법에 대한 의견, NOS 평가 전문성을 향상하기 위한 요구 등도 함께 질문하였다. 교사 A와는 10회, B와는 6회의 면담을 실시하였으며 면담은 1회당 40분 정도 소요되었다.

3. 분석 방법

이 연구는 두 교사의 사례를 심층적으로 분석함으로써 과학탐구실험에서 과학교사의 NOS 평가 실행 과정을 탐색하려는 목적을 갖는다. 따라서 교사의 수업을 시간 순서에 따라 서술하면서 수업에서 나타난 모든 평가 사례를 포착하고 분석하였다. 평가 사례로 포착한 경우 기본적으로 평가의 의도, 평가를 계획하는 과정, 평가 실행 과정,

평가를 실행한 후 학생들에 대한 추론과 자신의 수업에 대한 반성 등 평가 실행 전반기의 과정을 자세히 기술하고 논의하였다. 평가 사례는 구체적으로 다음과 같은 것을 포함하였다. 가장 먼저 수행평가와 같이 점수화하여 성적에 반영한 평가를 분석하였는데, 이때는 교사들이 구체적으로 평가의 준거를 어떻게 설정하였으며 실제로 학생들을 어떻게 변별하고 채점하였는지도 분석하였다. 다음으로 점수로 성적에 반영하는 평가뿐 아니라 활동지를 통해 학생들에게 주어지는 질문이나 학생들이 산출물을 제작하는 활동과 같이 수업 중에 학생의 참여가 요구되는 활동도 분석하였다. 이때는 이러한 평가를 통해 교사가 파악한 학생들의 상태, 이를 바탕으로 한 피드백 등도 서술하였으며 추가적으로 수업에 대한 반성과 개선 등이 이루어진 경우 이에 대한 내용도 분석하였다. 마지막으로 교사가 사전에 계획한 형식 평가 이외에 수업 중 교사의 질의와 학생들의 응답, 학생과의 개별적인 상호작용 등과 같은 비형식 평가 또한 분석하고자 하였다.

비형식 평가를 제외하고 수행평가나 탐구 활동 등 계획된 평가 사례는 NOS에 대한 반성적 활동의 수준을 범주화한 Park *et al.*(2020)의 분석틀을 이용하여 그 수준을 분석하였다. Park *et al.*(2020)은 학생들에게 개방적인 사고를 유도하는 수준에 따라 반성적 활동을 '안내하기(guiding to NOS ideas)', '확장하기(expanding NOS understanding)', '비판적으로 생각하기(thinking critically about NOS)'의 세 가지로 분류하였다. 먼저 '안내하기' 수준의 활동은 학생들에게 NOS 개념을 회상하게 하거나 역사적 사례와 연결 짓도록 하는 활동을 말한다. 구체적으로는 '기억으로부터 단순한 활동 수행하기', '역사적 사례에서 NOS 확인하기', '서로 다른 NOS 비교하기'와 같은 활동이 이 수준에 속한다. 다음으로 '확장하기' 수준의 활동은 학생들이 NOS에 대해 더욱 개방적인 사고를 할 수 있도록 유도하는 활동으로, 이 수준 이상의 개방적인 활동에서는 NOS에 대한 학생들의 다양한 의견이 드러난다. '확장하기' 수준의 활동에는 '특정 NOS를 보여주는 사례 찾기', 'NOS 측면에 대한 이유 생각해보기', 'NOS의 적용 가능성 평가하기' 등이 있다. 마지막으로 '비판적으로 생각하기' 수준의 활동은 기준에 논의되고 있는 NOS의 한계를 생각해보기나 NOS와 관련된 논제에 대해 자신만의 의견을 펼쳐보도록 하는 것으로, NOS에 대해 비판적으로 반성하도록 하는 활동을 말한다. '특정 NOS의 한계 및 장단점 설명하기'와 'NOS 이해에 근거해 자신의 입장 내세우기' 활동이 '비판적으로 생각하기' 수준에 해당한다.

이상의 과정을 거쳐 수집한 자료를 분석한 후 두 교사의 사례를 비교 및 대조하여 도출할 수 있는 논의점을 다섯 가지로 정리하고 이에 대해 자세히 논의하였다. 그리고 질적 연구로서 본 연구의 신뢰도와 타당도를 높이기 위하여 다음과 같은 과정을 거쳤다. 우선 연구자 개인의 주관적 해석을 줄이고자 연구자 2인이 수집한 자료를 각자 분석하고 논의하는 과정을 반복하여 합의된 결론을 도출하였다. 그리고 분석한 결과를 수집한 모든 자료와 비교하는 삼각측정(triangulation)의 과정을 통해 타당성을 높였다. 마지막으로 이 연구의 결과에 대해 과학교육 전문가 3인의 검토 과정을 거쳤다. 자료를 분석하고 결과를 도출하여 해석하고 논의하는 과정 전반에서는 과학교육 전문가 2인과 현직 과학교사, 과학교육 전공 대학원생들로 구성된 세미나를 3회 이상 실시하였다.

4. NOS 수업

가. A의 NOS 수업

교사 A의 NOS 수업은 총 4차시 동안 이루어졌다. 1-2차시 수업에서는 교사의 강의와 활동지 등을 바탕으로 NOS에 대한 학습이 이루어졌다. 3-4차시에는 1-2차시 수업에서 학습한 NOS를 바탕으로 수행평가가 이루어졌다. 1-2차시 수업을 간단히 살펴보면 A는 먼저 1차시 수업에서 ‘오개념 확인 학습지’를 학생들에게 배부하고 작성하도록 한 후 이를 수거하였다. 그 다음으로 학습 목표를 소개한 뒤 가젤의 뿔뚜기 사례를 활용하여 귀납적 탐구 방법을 소개하고 이를 바탕으로 ‘과학은 경험할 수 있는 사실에 바탕을 둔다’는 NOS를 소개하였다. 다음으로 교과서에 있는 에이크만의 실험을 통해 연역적 탐구 방법을 소개한 뒤 이를 바탕으로 ‘과학은 증거를 바탕으로 논리적인 결론을 이끌어낸다’는 NOS를 소개하였다. 이상의 과정을 마치고 나서 학생들에게 ‘자기평가 보고서’를 작성하도록 하였다. 2차시 수업에서 A는 학생들에게 ‘과학은 절대 진리가 아니다’라는 NOS를 제시하면서 ‘현재의 과학 이론들이 100년 후에도 완벽한 참이라고 받아들여질까?’라는 질문을 던졌다. 이후 관련된 다양한 과학사 사례를 소개하여 과학이 변해왔으며 절대 진리가 아님을 설명하였다. 다음으로 페러다임과 과학 혁명의 구조를 소개하고, 현재의 페러다임 또한 바뀔 수 있다고 언급하였다. 이후에는 1차시 수업에서 작성한 ‘오개념 확인 학습지’를 학생들에게 다시 한번 작성하도록 하였고, ‘자기평가 보고서’를 작성하는 시간으로 수업을 마무리하였다.

3-4차시에 이루어진 수행평가는 크게 발표 활동을 중심으로 한 조별 평가와 개인 평가지를 작성하는 개별 평가로 구성되었다. 먼저 조별 평가는 1-2차시 수업에서 학습한 NOS를 자유로운 형태의 발표물로 제작하고 이를 발표하는 것이었다. A는 사전에 4~5명의 학생을 한 조로 배정하여 학생들에게 알린 뒤, 3차시 수업 전에 조별로 미리 주제를 정하고 어떤 내용으로 발표를 할지 상의해보도록 안내하였다. 학생들은 상의한 내용을 바탕으로 3차시에 신문이나 만화, 포스터, 시, 노래 등 다양한 형태로 발표물을 제작하고 4차시에 이를 발표하였다.

나. B의 NOS 수업

이 연구에서 관찰한 교사 B의 수업은 총 2차시였다. 1차시 수업에서 B는 먼저 4-5인의 학생을 한 조로 구성한 뒤, 미스터리 튜브(the tube; Lederman & Abd-El-Khalick, 1998) 활동에 대해 간단히 소개하였다. 이후 학생들은 주어진 미스터리 튜브를 직접 관찰하고 함께 토의함으로써 튜브 안에 있는 실의 구조를 예측하였으며 예측 결과와 근거를 발표하였다. B는 활동이 끝난 후 교과서에 제시된 ‘과학 개념은 변화한다’, ‘과학은 사회적, 문화적 영향을 받는다’, ‘과학은 증거에 기초한다’, ‘과학은 논리와 상상력의 조합으로, 심지어 우연히 일어나기도 한다’, ‘과학은 설명하고 예측한다’, ‘과학은 더 적절한 이론으로 새롭게 대체된다’의 여섯 가지 NOS를 소개한 후 각각을 미스터리 튜브 활동과 관련지어 설명하였다. 예를 들어 과학에서는 지구 내부의 구조를 직접 볼 수 없음에도 예측할 수 있다는 점으로 ‘과학은 설명하고 예측한다’는 NOS를 설명하였고, 이 NOS를 학생들이 미스터리 튜브 내부의 구조를 예측한 모습과 연결하였다.

B는 과학탐구실험을 담당해 왔던 두 명의 동료 교사와 함께 과학탐구실험을 담당하였으며 이 과목에서의 수행평가는 이전에 하던 대로 다른 단원에서 하는 것으로 계획되어 있었다. 따라서 1단원의 NOS 수업에서 성적에 반영되는 수행평가를 하지는 못하였다. 그러나 수행평가를 위한 수업에서 이루어지는 것과 유사한 과학사 조사 및 발표 활동을 2차시 수업에서 실시하였다. 이 수업에서 학생들은 교사로부터 주어진 과학사 주제를 조사하고, 조사한 주제와 연결할 수 있는 NOS를 골라 다른 학생들이 맞혀볼 수 있도록 퀴즈로 구성하여 발표하였다. 예를 들어, ‘파스퇴르의 백조목 플라스크 실험’을 주제로 발표를 구성한 조는 자연발생설과 백조목 플라스크 실험에 대해 조사한 내용을 발표하고, 이 퀴즈에 대한 답으로 ‘과학 개념은 변화한다’를 발표하였다.

III. 연구 결과

1. 과학교사 A의 사례

가. 1-2차시의 수업 중 평가

A의 1-2차시 수업에서 찾아 볼 수 있는 평가는 먼저 ‘오개념 확인 학습지’를 활용한 것이 있었다. 이 활동지에는 A가 수업에서 가르치고자 한 NOS를 일상적인 용어로 풀어 쓴 세 가지 진술문이 제시되었다. 예를 들어 첫 번째 진술문은 “사람들이 같은 시간과 같은 각도에서 같은 물체를 관찰한다면, 모두 똑같은 관찰 결과를 도출할 거야.”였다(figure 1).

| | |
|---|---------|
| 보미 더 “사람들이 같은 시간과 같은 각도에서 같은 물체를 관찰한다면, 모두 똑같은 관찰 결과를 도출할 거야.” | |
| 맞는 설명 / 틀린 설명 | (비워두세요) |
| 그렇게 생각한 이유 : | (비워두세요) |

Figure 1. A worksheet of teacher A

1차시 수업에서 학생들은 본격적으로 NOS를 학습하기에 앞서 이 활동지에 주어진 각각의 진술문이 옳고 그른지를 판단하고 그 이유를 작성하였다. 따라서 이 활동은 학생들의 평소 생각이나 선개념 등을 알아볼 수 있는 진단평가로 작용하였다. 그런데 A는 2차시 후반부에 두 차시에 걸친 학습 내용을 정리하고 ‘오개념 확인 학습지’를 학생들이 다시 작성하도록 하였다. A는 ‘두 차시에 걸친 학습 후 같은 질문에 대해 자신의 생각을 다시 한 번 작성함으로써 생각의 변화를 스스로 깨달을 수 있도록 하기 위함’이라고 이 활동의 의도를 밝혔다. 즉, 이 활동은 학생들의 학습 과정 및 결과를 점검함으로써 학습을 촉진하기 위한 형성평가로도 작용하였다. 두 차시에 걸친 이 활동에서 학생들은 수업에서 학습한 내용을 바탕으로 NOS 관련 진술문에 대한 자신의 생각을 표현하였다. 따라서 이 활동은 ‘NOS 이해에 근거해 문제에 대한 자신의 입장 내세우기’ 활동에 가까우며 가장 높은 수준인 ‘비판적으로 생각하기’ 수준의 반성적 활동이라고 할 수 있다.

이 활동에서 학생들의 응답과 이에 대한 교사의 평가를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 한 학생은 1차시에 첫 번째 진술문을 읽고 이를 '맞는 설명'이라고 선택한 뒤 그 이유로 "물체는 고유한 물질이기 때문에 같은 시간과 각도 그리고 같은 물체를 바라본다면 물체의 형태나 색감을 관찰하였을 때 과학 실험의 결과 같이 모두가 동일하게 같은 관찰 결과를 서술할 것이고 만약 주관적인 견해가 포함되지 않는 한 모두 똑같은 관찰 결과를 도출할 것이다."라고 답변하였다. 이러한 응답을 통해 A는 다음과 같이 학생들의 다양한 생각을 파악하고 추론할 수 있었다.

교사 A: "사람마다 시력이 다르다", "사람마다 관점이 다르다", "사람마다 생각이 다르다" 이렇게 추상적으로 쓴 학생도 있는 반면에 "사람은 기계가 아니어서 정확하게 관찰하기 어렵다. 그리고 머릿속에 내용이 달라서 또 그것을 어떻게 받아들이는지가 모두 다를 수 있다." 라고 쓴 내용도 있습니다. 그래서 (학생들이) 그래도 관찰이 사람마다 다를 수 있다고는 생각하고 있다는 걸 알게 됐습니다.

[A의 면담 중에서]

첫 번째 진술문에 대한 응답을 예로 들었던 학생은 2차시에 같은 진술문에 대한 응답으로 "사람마다 각각 다른 감각 기관을 가지고 있고 사람마다 다른 주관적인 사고 방식을 가지고 있기 때문에 같은 각도와 같은 시간에 같은 물체를 관찰해도 실험 결과가 다르게 나올 수 있다."고 작성하였다. A는 이 답변을 바탕으로 다음과 같이 학생의 이해 변화를 구체적으로 파악하였다.

교사 A: 2차시에 다시 작성한 내용을 보면, 동일한 물체를 똑같이 보더라도 받아들일 때 감각 기관과 사고 방식이 다 다르기 때문에 사람에게 관찰 대상이 인지가 되는 순간 서로 다르게 그 관찰 결과를 서술할 수 있다는 걸 잘 배웠다고 생각합니다.

[A의 면담 중에서]

이처럼 A가 진단평가와 형성평가로 가능한 '오개념 확인 학습지'를 적극 활용하였던 것은 개념변화수업 모형을 바탕으로 수업을 구성했기 때문이다. A는 과학이 절대적이라는 생각을 가지고 있다가 대학교에서의 NOS 학습을 통해 이러한 생각을 바꾸게 된 자신의 경험을 떠올렸다. 또 이러한 경험을 바탕으로 학생들 또한 자신과 유사하게 과학에 대해 잘못된 인식을 가질 수 있을 것이라고 가정하였다. 그리고 학생들의 생각을 변화시킬 필요가 있으며 이를 위해서는 개념변화수업 모형이 효과적일 것이라고 생각하여 이를 활용한 수업을 하게 되었다.

교사 A: 저도 과학의 본성을 배우기 전에는 과학 이론이 변하지 않을 거라는 생각을 하고 있었던 것 같아요. 그리고 관찰이 사람마다 다를 거라는 걸 대략적으로는 느끼고 있었지만 그걸 과학자한테 적용을 해봤을 때 과학자마다 의견이 다를 것이라는 생각은 저도 못 했던 것 같아서, 이 수업을 통해서 학생들이 생각을 좀 변화시킬 수 있었으면 좋겠다고 생각해서 개념변화수업을 큰 틀로 짰습니다.

[A의 면담 중에서]

그런데 A가 위와 같은 이유로 개념변화수업 모형을 활용한 것은 NOS에 대한 교수지향과 관련이 깊었다. 먼저 A가 학생들이 과학이 절대적이라는 등의 잘못된 인식을 가지고 있을 것이라고 가정한 것은 NOS의 학습이 일상과의 관련도 깊다고 생각했기 때문이다. 다시 말해 학생들이 일상에서 '과학만능주의' 등을 접함으로써 과학에 대해 잘못된 인식을 가질 수 있다는 것이다. 또 A는 이러한 관련성을 바탕으로 NOS의 학습이 일상에서 자연 현상을 바라보는 태도의 변화를 가져와 비판적 사고, 능동적 사고 등을 촉진한다고 생각하였다. 이뿐 아니라 NOS의 학습이 과학이라는 학문의 특성을 이해하도록 하고 이 학문을 바라보는 태도나 관점에도 영향을 미치므로 궁극적으로는 학생들의 과학 학습에도 영향을 미칠 것이라고 생각하였다. 따라서 NOS의 학습이 과학에 관심이 있거나 과학 관련 직업을 희망하는 학생들뿐 아니라 과학에 관심이 없고 과학 관련 직업을 갖지 않으려는 학생들에게도 도움이 되고 필요하다고 생각하였다. 이처럼 A는 NOS 학습이 중요하다고 인식하였으므로 학생들의 잘못된 인식을 변화시킬 필요성을 느끼게 되었고 자신의 수업에서 이를 변화시키고자 하였다.

교사 A: 과학의 본성에 관한 내용을 알면 과학을 대하는 태도나 공부하는 방법 이런 게 그래도 영향을 받을 수 있을 것 같아서요. 과학을 배울 때 수동적인 자세를 좀 버릴 수 있지 않을까 생각했어요. 나중에 과학자가 되는 학생들이 있다면 그래도 과학이 완벽하지 않을 수 있다는 생각을 가지고 좀 더 여러 다양하고 깊은 경험들을 생각하면 좋을 것 같다고 생각했습니다. 과학자가 되려고 하지 않는 학생들한테도 이런 과학의 본성 수업을 통해서 좀 더 깊은 사고를 할 수 있는 기회가 되지 않을까 생각했는데, 이게 좀 철학적인 내용들이랑도 연관이 되면서 확실히 믿을 수 있는 진리라는 게 있을까? 이런 것도 생각하게 될 것 같아서 그런 좋은 영향이 있지 않을까 생각하게 됐습니다.

[A의 면담 중에서]

NOS에 대한 학생들의 이해는 쉽게 변하지 않으므로 개념 변화 이론에 근거한 전략을 취할 때 그렇지 않은 경우보다 더욱 효과적이라는 연구 결과들(Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Akerson *et al.*, 2000)을 고려하면, A가 개념변화수업 모형을 활용하여 학생들을 가르치고 평가하고자 한 것은 긍정적이라고 할 수 있다. 또한 NOS에 대한 학생들의 오해는 학교 안에서의 과학 경험만이 아니라 미디어 등으로 접하게 되는 학교 밖 과학 경험에 의해서도 생성되고 강화된다(Clough, 2006; Russell, 1981). 이러한 점에 비추어 볼 때 A가 NOS와 일상의 연관성을 중요하게 생각하는 지향을 갖고 있으며 이를 바탕으로 학생들이 수업 전에 NOS에 대한 오해를 갖고 있을 것이라고 여긴 것도 바람직한 모습이라고 할 수 있다. 이러한 결과는 바람직한 교수지향이 적극적인 NOS 평가로 이어진 사례로, NOS에 대한 교수지향이 교수뿐 아니라 평가에도 큰 영향을 미칠 수 있음을 보여주는 결과라고 할 수 있다.

한편 A는 '오개념 확인 학습지'를 제작하는 과정에서 많은 고민을 거쳤으며 어려움을 겪었다. 일반적인 과학 내용 지식이 아니라 NOS를 묻는 평가 문항은 교사뿐 아니라 학생으로서도 접해본 적이 없어 익숙하지 않았으며, 교과서에도 관련 문항이 제시되어 있지 않았으므로 문항의 형식이나 소재 등을 온전히 A가 만들어야 했기 때문이다.

A는 NOS와 일상의 연관성을 중요하게 생각하는 지향에 따라 학생들의 선개념을 더욱 효과적으로 이끌어내고 학생들이 과학과 일상을 분리하여 생각하지 않길 바라는 마음으로 ‘관찰은 객관적이다’와 같은 형태의 문장을 제시하는 것이 아니라 일상을 소재로 하는 구어체 형태의 문장으로 문항을 직접 구성하였다. 그리고 본래는 한 명의 독백이 아니라 두 명 이상의 대화 형식으로 친숙성을 더욱 강조하고자 하였으나 자신의 능력이 부족하여 실행하지는 못하였다고 하였다.

교사 A: 문항을 구성할 때 고민을 많이 했었는데요. 처음에는 (세 개의 NOS를 포함하는) 하나의 대화 형식으로 제시하고 거기서 틀린 문장을 찾아보라고 할까도 했었는데 그건 제 능력의 한계로 인해 세 개를 다 포함하는 문항을 만들기 너무 어렵더라고요. 그래서 그거는 못하고 일단 그냥 세 문항으로 나눠서 했습니다. 그리고 학생들이 일상 또한 과학적 태도로 접근하는 게 중요한 것 같아서, 학생들이 일상 속에서도 그렇게 생각하는지 보려고 최대한 일상적인 내용으로 구성하려고 했습니다. 또 지금처럼 학생이 생각하는 것 같은 문장처럼 익숙한 문체로 써봤어요.
[A의 면담 중에서]

A의 수업에서 찾아볼 수 있는 또 다른 평가는 1, 2차시 수업의 끝부분에서 학생들이 작성하는 ‘자기평가 보고서’였다. ‘자기평가 보고서’는 크게 두 부분으로 구성되는데, 하나는 수업 중 자신의 집중도 참여도와 수업 내용에 대한 이해도를 세 단계로 스스로 평가하는 것이었으며 나머지 하나는 수업의 내용에 따라 매 차시마다 다르게 주어지는 핵심 질문에 답하는 것이었다. NOS를 반영하는 핵심 질문은 ‘오개념 확인 학습지’와 마찬가지로 온전히 A가 스스로 제작한 것이었다. 1차시 수업의 핵심 질문은 “우리의 관찰은 정확한가 혹은 그렇지 않은가? 그 이유는?”로, 수업에서 중요하게 다루었던 ‘관찰의 이론 의존성’에 대한 형성평가 문항이었다. 이 질문에서 학생들은 관찰이 정확한지를 자신의 입장에서 판단하고 그 이유를 표현하게 되므로 이 활동은 ‘비판적으로 생각하기’ 수준에 해당한다. 2차시 수업의 핵심 질문은 “과학이 절대 진리가 아니라면, 과학이 갖는 역할은 무엇일까?”로, 마찬가지로 ‘비판적으로 생각하기’ 수준의 반성적 활동에 해당하였다.

A는 학생들에게 ‘자기평가 보고서’를 작성하도록 한 후 돌아다니면서 모든 학생의 응답을 직접 확인하고 피드백하였다. 예를 들어 핵심 질문에 대한 학생의 답변을 보고 추가적인 질문을 함으로써 더 구체적으로 답변을 작성할 수 있도록 돕거나 수업에서 다룬 내용을 되짚어주기도 하였다.

교사 A: ‘관찰은 사람마다 다르다’라고 적었네. 사람이 다르면 관찰이 다를 거라고 생각하는거야? 그럼 왜 그런지도 한번 구체적으로 적어보자.
[A의 1차시 수업 중에서]

이상과 같이 적극적인 순회지도를 통해 A는 학생들의 생각을 파악하고 학습 과정을 점검하여 학습을 도울 수 있었다. 2차시 수업의 핵심 질문에 대해 A가 파악한 학생들의 견해는 다음과 같다.

교사 A: 학생들 대부분은 “과학이 절대 진리는 아니지만 그럼에도 우리의 생활을 좀 윤택하게 해줄 수 있다” 이런 답변을 적은 애들이

많았어요. 어떤 애들은 사실 이게 제가 원하는 답이었는데 “참은 아니지만 그럼에도 이 세상을 그래도 지금까지 나온 이론들 중에서는 이 세상을 가장 잘 설명할 수 있는 세계가 과학이기 때문에 그러니까 현재 패러다임이 현재의 어떤 자연 현상들을 가장 잘 설명할 수 있는 체계라서 그럼에도 우리는 과학을 배워야 한다”라고 쓴 애들도 종종 있었습니다.
[A의 면담 중에서]

나. 3·4차시의 수행평가

3차시에 학생들이 발표물을 제작하는 동안 A는 적극적인 순회지도로 학생들과 상호작용하였다. 수업에서 다룬 내용을 다시 한번 설명해 주기도 하였고, 수업 시간에 다루지 않은 과학사 관련 내용 등을 질문할 때는 아는 선에서 답변해주었다. 다음은 귀납법을 주제로 발표물을 제작하는 학생들과 상호작용한 예시이다.

교사 A: 애들아 우리 귀납의 한계점을 배웠었지. 기억나니? 뭐가 있었지?
학 생: 여러 개 중에 하나 틀리면, 예외가 나오면...
교사 A: 그렇지. 예외가 하나라도 나오면 이제 그걸로 얻은 결론은 폐기잖아. 그런 거랑 또 뭐 있었는지 기억나? 귀납은 뭐에 의존해서 하는 거지?
학 생: 관찰이요.
교사 A: 관찰로 하는 거잖아. 근데 관찰에는 한계가 있다고 배웠었지. 그런 내용도 잘 녹여내면 좋을 것 같아요.
[A의 3차시 수업 중에서]

3·4차시에 이루어진 활동은 학습한 NOS를 자유로운 형태의 발표물로 제작하고 이를 발표하는 것으로 학생들에게 높은 자율성이 주어지는 활동이었으므로 다양한 수준의 반성적 활동이 이루어졌다. 우선 ‘안내하기’ 수준에 해당하는 활동으로는 교과서에 제시되거나 수업에서 다룬 역사적 사례에 NOS를 연결하여 설명하는 경우가 있었다. 예를 들어, 어떤 학생들은 힘과 운동에 대한 여러 과학자의 생각을 만화 형식으로 발표하였는데, 이는 교과서에서 패러다임의 전환을 설명하기 위해 제시한 역사적 사례를 참고하여 제작한 것이었다. 그리고 학생들이 수업에서 배운 NOS를 보여주는 역사적 사례를 직접 찾아보거나, 이러한 NOS가 역사 속에서 나타난 이유를 생각해 보는 ‘확장하기’ 수준의 반성적 활동도 나타났다. 예를 들어 수업에서 다루지 않았던 피타고라스와 지구구형설의 사례를 새롭게 찾아 이를 바탕으로 랩 가사를 만들어 패러다임의 전환을 설명한 경우가 있었다. 일부 학생들은 관찰의 한계나 귀납의 한계와 같이 NOS의 한계를 발표하였는데, 이는 ‘비판적으로 생각하기’에 해당하는 수준의 반성적 활동이었다.

여기서 주목할 만한 점은 반성적 수준에 따라 학생들의 NOS 이해에 대한 A의 추론이 달라졌다는 것이다. 예를 들어 A는 힘과 운동에 대한 여러 과학자의 생각을 만화 형식으로 발표한 ‘안내하기’ 수준에 해당하는 발표물을 보고 ‘학생들이 패러다임이 절대적이지 않고 변한다는 명제 자체를 기억하고 있다는 것은 알 수 있지만 교과서에 있는 내용을 그대로 옮겨 쓴 것에 불과하기 때문에 이 학생들의 이해를 구체적으로 파악하기는 어렵다’고 하였다. 반면에 ‘확장하기’ 수준의 반성적 활동에서는 각 발표물이 의도한 NOS를 바르게 표현하고 있는

지 평가하는 것과 독립적으로 학생들의 NOS 이해에 대한 추론이 적극적으로 이루어졌다. 예컨대 랩 기사를 만들어 패러다임의 전환을 설명한 발표물을 보고 A는 다음과 같이 학생들의 선개념은 무엇이었으며 이것이 어떻게 변화하였는지 등을 명확한 근거를 들며 구체적으로 추론할 수 있었다.

교사 A: 랩 기사를 쓴 학생이나 조원들은 새로운 패러다임으로 바뀌기 전인 정상 과학의 상태에서는 모두가 기존의 과학을 인정하고 당연하게 생각하고 있고 다른 어떤 현상이 있을 거라고는 생각하지 못한다고 생각을 했던 것 같고요. 그리고 어떤 사람이 위기가 발생했을 때 새로운 패러다임을 제시하면 그 패러다임이 충분한 증거를 갖고 있다고 해서 이를 사람들이 그냥 받아들이는 게 아니라 여기 지금 기사에 “우리는 무시했고 미쳤다고 그를 무시했어” 이렇게 나오는 것처럼 새로운 패러다임을 주장한 사람의 주장도 바로 받아들여지지 않을 수 있다는 걸 이해하고 있었던 것 같아요. 그리고 마지막에 “어제의 사실은 내일의 거짓”이라고 표현을 한 거에서 지금 우리가 믿고 있던 사실들도 나중에는 이게 사실이 아닌 걸로 여겨질 수도 있다고 하는 걸 보면 패러다임 변화에 가장 핵심적인 내용들을 잘 이해하고 있고 과학의 절대 진리가 아니라는 걸 기사로 잘 표현했다고 생각했어요.

[A의 면담 중에서]

한편 A는 조별 평가를 계획하고 실행하는 과정 전반에서 어려움을 겪었다. 먼저 평가를 계획하는 과정에서 겪은 어려움 중 하나는 NOS를 평가하기에 적절한 평가 방법에 대한 고민이었다. A가 자유로운 형태로 발표물을 제작하고 발표하는 활동으로 수행평가를 계획한 것은 조별 활동을 넣고 싶었던 이유도 있었으나 어떤 방법이 적절한지 결정하기 어려워 학생들에게 높은 자율성을 부여한 것도 주요한 이유 중 하나였다.

교사 A: 과학의 본성을 잘 이해했는지를 평가한다고 했을 때 이거를 어떤 식으로 평가를 하는 게 가장 적합한 방법인지, 그러니까 이거를 서술형으로 직접 쓰게 하는 게 좋은 건지 아니면 이 과학의 본성을 이해한 내용을 토대로 도화지에 그린 것처럼 다른 방식으로 표현하게 하는 게 좋은 방법인지 판단하는 게 조금 어려웠고요.

[A의 면담 중에서]

또 다른 어려움은 A가 생각하는 NOS의 특성과 관련이 있었다. A는 ‘딱 떨어지는 정답’이 존재하는 일반적인 과학 과목의 내용 지식과는 다르게 NOS에 대한 이해는 학생들의 주관적인 생각이나 견해라고 생각했다. 이런 생각이 평가를 실행하는 과정 전반에 어려움을 가져왔다고 밝혔으며 특히 평가를 계획하는 과정에서 구체적인 평가 준거를 설정하려고 할 때 가장 고민이 컸다고 하였다.

교사 A: 지금까지 생명과학이나 통합과학 이런 것들은 딱 떨어진 답이 있는 그런 걸로 평가를 했었는데 이거(NOS)는 학생의 생각을 묻는 거다 보니까 물론 대략적인 답은 존재하지만 평가를 짜는 것 자체가 조금 어렵긴 했던 것 같아요. 그리고 그걸 이제 평가를 해야 되는데 평가 기준이 제일 어려웠던 것 같아요. 이거를 애들이 표현을 한다고 표현을 했고 분명 거기에 과학의 본성

내용도 잘 들어가 있기는 한데 도대체 이거를 애들이 얼마나 잘 이해했는지를 어떻게 평가하지? 그냥 겉으로 과학의 본성이 딱 드러났으면 이걸 다 만점을 줘야 하는 건지... 그런 평가 기준 짜는 게 제일 어려웠던 것 같아요.

[A의 면담 중에서]

평가 준거와 관련된 어려움은 수행평가를 채점하는 과정에서 더욱 부각되었으며 이 과정에서는 A가 느끼는 어려움뿐 아니라 실제적인 문제점도 나타났다. A가 계획했던 조별 평가의 채점 방안은 각 조의 발표를 과학적 내용, 표현력, 발표 태도의 세 가지 측면에서 각각 상, 중, 하로 평가하고, 이를 합하여 점수를 산출하는 것이었다. 먼저 과학적 내용 항목에서는 발표에 포함된 NOS 관련 내용이 올바른지를 평가하고자 하였으며, 표현력 항목에서는 전달하고자 하는 내용에 적합한 양식을 활용하여 표현하였는지 평가하고자 하였다. 발표 태도 항목에서는 진지한 태도로 조별 활동 및 발표에 참여하였는지 평가하고자 하였다.

그러나 실제로는 이러한 계획처럼 평가하지 못하고 거의 모든 조에게 만점을 부여하였다. 먼저 발표 태도 항목은 애초에 학생들을 변별하기 위한 목적이기보다는 이를 평가 항목에 추가하여 학생들의 적극적인 참여를 촉진하기 위한 것이었으므로 변별을 하지 않았으며, 표현력 항목의 경우 조별로 발표물과 발표가 다양한 형태를 취했기 때문에 일관된 기준으로 변별이 어려웠다. 가장 주목할 필요가 있는 과학적 내용 측면에서도 A는 ‘NOS의 경우 ‘정답’이 없어 평가 준거가 모호하므로 학생들을 변별하지 못하였고 가능하다면 점수를 후하게 주게 되었다’고 응답하였다. 이는 NOS에 ‘정답’이 없어 평가가 어렵다고 생각하는 교사의 견해가 실제 평가 과정에 얼마나 큰 영향을 미치는지 보여주는 사례로서, NOS 평가가 활발히 이루어지기 위해서는 교사들에게 명확하고 구체적인 평가 준거가 마련될 필요가 있음을 역설하는 대목이라고 할 수 있다.

다음으로 개별 평가를 살펴보면, 개인 평가지에는 3개의 문항이 주어졌는데 1번 문항 “우리 조의 발표 내용을 글로 설명해보고, 발표에 활용된 과학적 내용은 무엇인지 구체적으로 설명해보세요.”와 2번 문항 “우리 조의 발표 준비 과정에서 본인이 맡은 역할 및 수행한 내용은 무엇이었나요?”는 수행평가 과정에 대한 참여도와 성실도에 초점을 맞추어서 학생들이 평가 과정에 더욱 적극적으로 참여하도록 하기 위한 것이었다. 3번 문항은 “과학의 본성과 관련하여 가장 인상 깊게 배운 부분은 어디이며, 그 이유는 무엇인가요?”였다. 이 문항에서 학생들은 수업에서 배운 NOS에 대한 자신의 인상, 선개념으로부터의 변화 등 자신의 견해를 주로 서술하였다. 따라서 ‘비판적으로 생각하기’ 수준의 반성적 기회가 주어졌다고 할 수 있다. A는 학생들이 이 질문에 응답한 결과를 보니 과학 지식이 절대적이고 변하지 않을 거라는 생각을 많이 바꾸게 된 것 같다고 하며 수업이 어느 정도 만족스럽게 이루어진 것 같다고 하였다.

교사 A: 제가 개인 평가지 마지막에 “과학의 본성 수업을 통해 느낀 것들을 써보세요.” 이런 걸 넣었는데 그래도 많은 학생들이 그래도 과학이라는 게 불변하지 않는 그 진리가 아니라는 걸 좀 더 확실하게 이해를 한 것 같고 특히 그 부분에서 그냥 애들이 좀 절대적인 게 많지 않다는 걸 잘 이해했던 수업이 된 것 같아서 그 부분에서는 그래도 만족하고 있습니다. 그리고 애들

이 인상 깊었던 내용을 쓴 걸 보면서 그래도 이 수업을 듣고 몰랐던 거를 새롭게 알게 된 거에서 오는 좀 충격을 느낀 애들이 종종 있는 것 같더라고요. 과학 지식은 절대 변하지 않는다고 생각했는데 이렇게 변할 수 있고 앞으로도 변할 수 있다는 걸 알게 돼서 되게 새로웠다고 쓴 애들이 종종 있어서 그런 부분에서는 그래도 애들이 과학의 본성에 관한 내용을 좀 잘 습득을 한 것 같다는 생각도 들었고요.

[A의 면담 중에서]

여기서 주목할 만한 점은 A가 학생들의 답안에서 오개념으로 발견할 수 있는 부분을 발견할 정도로 학생들에 대해 적극적으로 추론하였다는 점이다. 예를 들어 한 학생이 “하나를 알아내고도 그것의 진위 여부를 밝히기 위해 더욱 열심히 연구해야 한다는 점이 호기심을 자극했다”고 쓴 것을 보고, 이 학생이 과학을 현재 믿고 있는 이론의 진위를 따지는 활동으로만 오해하고 있는 것은 아닌지 우려한 경우가 있었다.

한편, 평가를 계획하고 실행하는 과정에서의 어려움은 개별 평가에서도 유사하였다. 먼저 개인 평가지의 3번 문항이었던 “과학의 본성과 관련하여 가장 인상 깊게 배운 부분은 어디이며, 그 이유는 무엇인가요?”는 평가 준거를 설정하기 어렵고 적절한 평가 방법을 계획하기 어려웠던 어려움의 연장선으로, 학생들에게 구체적인 질문을 하기보다는 자신에게 인상 깊었던 내용을 자유롭게 적어보도록 하고 있음을 알 수 있다.

개별 평가를 채점할 때에도 어려움은 이어졌다. 우선 1번 문항과 2번 문항의 주된 평가 기준은 조별 발표물을 제작하고 발표를 준비하는 과정에 대한 참여도와 성실도였으므로 문항에 대한 답의 길이가 짧거나 성의가 부족한 경우 등에만 일부 감점이 이루어졌으며 거의 대부분의 학생에게 만점을 주었다. 다음으로 NOS 내용과 관련되는 3번 문항에서도 체계적인 채점은 이루어지지 못하였다. 즉 NOS는 명확한 ‘정답’이 없다는 생각 때문에 애초에 평가 준거를 구체적이고 명확하게 마련하지 못하였을 뿐 아니라 조별 평가에서와 마찬가지로 학생들에게 높은 자율성을 부여함에 따라 학생별로 다양한 내용을 답하였으므로 일관된 기준에 따라 체계적인 채점은 어려웠다. 이에 따라 A는 귀납적 방법의 절차를 설명하고 연역적 방법이라고 명명하는 것과 같이 명확하게 잘못된 내용을 쓴 경우에만 감점을 하고 나머지는 답변은 대부분 만점을 주는 방식으로 채점을 하였다.

교사 A: 그다음에 개인 평가지 작성한 것도 애들이 다 나름 잘 쓰기는 썼는데 평가지에서 점수 기준이 명확하지 않다 보니 사실 제 기준에서 애가 잘 이해했구나 싶으면 점수를 잘 줘서 채점할 때 모호함이 좀 있었던 것 같아요. 거의 다 5점을 줘서 좀 일관성은 없어요. 생명과학이나 아니면 통합과학 이런 과목들은 그래도 요구하는 정답이 있다 보니까 키워드 등이 잘 들어갔는지를 위주로 채점을 하는데, 과학의 본성은 제가 정확히 요구한 부분도 없었던 문제였고 그다음에 이 많은 과학의 본성 중에서 자기가 인상 깊게 배운 부분을 쓰라고 했기 때문에 그 부분을 도대체 어떻게 채점을 해야 될지가 되게 모호했어요. 아마 제가 문항 자체를 이렇게 제시했기 때문에 더 모호했던 것 같아요.

[A의 면담 중에서]

많은 학생들에게 만점을 준 결과에 대해 A는 상대평가라면 NOS의

내용을 엄밀히 따져 평가하였을 수도 있지만 절대평가인 과학탐구실험에서는 학생들을 변별하기보다 많은 학생들에게 좋은 점수를 주려고 한다고 하였다. 그리고 이렇게 학생들에게 점수를 잘 주는 것이 해당 과목에 대한 긍정적인 인식을 갖게 하고 수업 참여도 촉진할 수 있을 것이라고 생각하였다. 다시 말해 과학탐구실험의 절대평가 제도가 많은 학생들에게 좋은 점수를 주는 것을 긍정적으로 인식하도록 함으로써 학생들을 체계적으로 평가하지 않아도 되는 여지를 제공했다고 볼 수 있다.

교사 A: 내용은 조금 부족해도 정성스럽게 쓴 학생이 있다고 하면, 이게 만약 상대평가라면 저는 그래도 내용이 맞는지 틀린지 보고 칼같이 채점을 했을 텐데 이게 절대평가니까 정성스럽게 열심히 쓴 내용이 조금 좀 부실하다 해가지고 깎는 게 약간 마음이 약해져서 못 깎겠더라고요. 괜히 제가 점수를 깎음으로써 학생이 열심히 했는데 괜히 자신감을 잃지 않을까 하고요. 점수가 엄청 중요한 건 아니지만 애들이 열심히 했다면 그래도 그에 맞는 점수를 받았을 때 열심히 한 것과 그 동안의 학습 내용이 좀 더 긍정적으로 다가오지 않을까 싶은 마음이 들어서 점수를 잘 주려고 했습니다.

[A의 면담 중에서]

과학탐구실험에서 교사들은 NOS를 가르치기도 평가하지 않는 경우가 있으므로(Kim *et al.*, 2020, 2022b, c), A가 NOS에 대한 평가를 실천했다는 점은 고무적이라고 할 수 있다. 그러나 명확한 평가 준거를 마련하기 어려워 학생들을 체계적으로 평가하지 않은 것은 여러 문제를 야기할 수 있으므로 개선이 필요하다고 할 수 있다. 예를 들어 명확한 준거의 부재는 학생들이 자신의 성취 수준에 따라 구체적인 평가 결과와 피드백을 받지 못하게 되므로 잘못된 이해로 발전할 우려가 있으며, 교사의 경우에도 평가 결과에 기반한 피드백과 추수지도에 소원하거나 자신의 수업을 개선하지 못하는 모습 등으로 이어질 수 있다. 실제로 A 또한 일반 교과에서는 수행평가를 모두 마친 이후에 학생들에게 개별 혹은 전체로 어느 정도의 피드백을 하였지만 이번에는 이러한 과정을 하지 않았다고 밝혔다.

교사 A: 생명과학을 가르칠 때를 생각해보면 결국에는 나중에 애들이 이걸로 수능도 봐야 되고 또 당장 닥친 중간고사와 기말고사가 있어서 오개념을 갖는 게 저도 걸려서 그 부분 수행평가가 끝나면 항상 수행평가에 관한 내용들을 간단하게 설명을 해주고는 했거든요. 그래서 생명과학은 잘못된 오개념들을 고쳐주려고 했던 것 같아요. 근데 과학의 본성은 아예 문항 자체가 딱 답을 다 이렇게 쓰는 활동은 아니다 보니까 그래서 그랬는지 따로 이거를 고쳐줘야 한다는 생각을 못했네요. 그리고 확실히 제가 한 수행평가가 정확한 답이 딱 하나 있는 그런 게 아니다 보니까 그걸 어떻게 피드백해줘야 할지도 조금 애매한 부분들이 있는 것 같아요.

[A의 면담 중에서]

A는 수업과 평가를 모두 마친 뒤 이루어진 면담에서 평가 준거가 모호했다는 점을 가장 큰 아쉬움으로 꼽았으며, 이에 따라 학생들의 NOS에 대한 이해를 좀 더 명확히 평가할 수 있는 구체적인 준거가 필요하다고 하였다. 구체적으로는 NOS 평가와 관련된 연수를 요구하기도 하였으며 교과서나 지도서 등에서도 구체적인 평가 문항의 예시

를 제공하고 평가 준거 또한 제공할 필요가 있다고 하였다.

교사 A: 제가 평가 기준을 처음에 확실하게 세워놓지 않은 부분들이 있는 것 같더라고요. 그래서 그 부분들이 채점할 때 조금 어렵기도 하고, 어려우니까 애들한테 오히려 더 점수를 좀 잘 주게 되기도 했어요. 점수 잘 준 거에 대해서 불만은 없지만 좀 더 확실하게 판별할 수 있는 기준들로 세웠다면 어땠을까 하는 아쉬움도 조금 있긴 했습니다. 이렇게 평가 문항을 만들고 그거에 대한 이제 채점 기준을 결정하기가 힘들 때가 많더라고요. 여기서 어떤 항목들을 채점을 해야 되는 건지, 어떻게 문항을 만들어야 확실한 채점 기준을 얻을 수가 있는지, 어떤 문항에서 채점 기준을 어떻게 세워야 하는지와 같은 것에 대한 연수가 있으면 좋을 것 같기는 해요. 아니면 과학의 본성 관련해서 선생님들이 학생들에게 질문하면 좋을 만한 예시 문항들이 지도서에 있으면 더 좋을 것 같다는 생각도 했었어요.

[A의 면담 중에서]

또한 A는 이번 경험을 바탕으로 구체적인 평가의 형태를 제안하기도 하였다. 평가에서 모호함을 없앨 수 있는 방안으로 명확한 평가 준거와 답이 있어서 상대적으로 수월하게 채점을 할 수 있는 문항을 활용하는 것이 좋을 것 같다고 하였으며, 구체적으로는 과학 실험이나 과학사의 사례를 제시하고 이와 연결 지을 수 있는 NOS를 써보도록 하는 형태가 적절할 것 같다고 하였다.

연구자: 어떻게 하면 평가에서의 모호함을 없앨 수 있을까요?

교사 A: 답이 있는 문제 형식으로 해서 어떤 실험을 주고 거기에 활용된 과학의 본성은 무엇인지 쓰라는 문제가 될 수도 있을 것 같고요. 나중에 한다면 과학의 본성을 잘 이해했는지 평가할 수 있고 답이 있는 그런 문제 형식의 수행평가를 낼 것 같아요. 서술형에서는 역사 속의 과학 실험 같은 거를 제시하고 여기서 나타난 과학의 본성이 뭐가 있는지를 구체적으로 써보게 하면 어떨까 하는 생각을 했었어요.

[A의 면담 중에서]

A가 제안한 형태의 평가는 '역사적 사례에서 NOS 확인하기'에 해당하는 전형적인 '안내하기' 수준의 반성적 활동이라고 할 수 있다. 즉, A는 '확장하기'나 '비판적으로 생각하기' 수준의 반성적 활동을 활용하여 수업과 평가를 진행하였으나 높은 수준의 반성적 활동에서 나타난 학생들의 다양한 의견을 평가하는 과정에서 겪은 어려움으로 인해 오히려 학생들의 개방적인 사고가 제한되는 낮은 수준의 반성적인 활동을 지향하게 된 것으로 보인다.

2. 과학교사 B의 사례

가. 1차시의 수업 중 평가

B의 1차시 수업 중에는 순회지도 등의 형태로 이루어지는 교사와 학생의 상호작용을 포함해 학생들이 주어진 질문이나 평가 문항에 답하는 것까지 NOS에 대한 평가는 거의 이루어지지 않았다. 미스터리 튜브 활동을 마친 뒤에도 교과서에 제시된 여섯 가지 NOS를 소개한 후 이것들이 미스터리 튜브 활동 혹은 과학사의 사례와 어떻게

연결되는지 교사가 일방적으로 설명하고 학생들은 이를 활동지에 받아 적을 뿐이었다.

NOS에 대한 평가가 이루어지지 않았으므로 B는 1차시 수업에서 학생들의 학습 과정이나 상태 등을 파악하지 못했다. 아래와 같이 1차시 수업 후에 이루어진 면담에서 학생들이 수업 내용을 잘 이해한 것 같냐는 물음에 B는 '설명을 잘했으므로 학생들이 납득을 한 것 같다'거나 '학생들의 표정이나 끄덕끄덕하는 모습을 보면 잘 이해한 것 같다'는 것과 같이 별다른 근거 없이 추측에 가까운 답변을 하였으며 학생들이 어떤 어려움을 겪었는지 묻는 질문에도 답하지 못했다.

연구자: 이 수업에서 학생들이 수업 내용을 잘 이해하는 것 같은가요?

교사 B: 그냥 제가 실험하고 여기에 들어가는 과학의 본성을 적어보라고 했으면 아마 못 적거나 한두 개 정도 적었을 것 같은데 그래도 설명해 주니까 납득은 하는 것 같아요. '그렇네', '맞네' 이 정도로요. 질문하는 애들도 없고 그냥 '그렇구나' 하면서 적는 느낌이었습니다.

연구자: 그거를 이제 애들이 약간 수업 중에 표정이라든지 그런 걸로 알게 되셨다는 거죠?

교사 B: 네네.

[B의 면담 중에서]

진단평가나 형성평가 등의 형태로 다양한 평가의 기회가 있었던 A의 수업과 달리 B의 수업에서 평가의 기회가 거의 없었던 것은 B의 교수지향과 이에 따른 수업 구성에서 찾아볼 수 있다. 먼저 B의 교수지향은 A와 전반적으로 대조적인 모습을 보였다. B는 NOS를 학생들이 과학 수업에서 배웠던 물리, 화학, 생명과학 등의 내용 지식과 명확히 구분하였으며 일상과도 동떨어져 있는 철학적인 지식으로 생각하였다. 또 학생들이 NOS와 관련된 생각을 해본 경험이 없으므로 선 개념 등도 없을 것이라고 여겼으며 NOS에 크게 관심이 없고 흥미나 호기심을 갖지도 않을 것이라고 생각하였다.

교사 B: '과학이 뭐야'라고 물으면 '물화생지요'라고 말하잖아요. 근데 거기서 벗어나서 과학이라는 과목의 본질적인 특성에 대해서 사실 아무도 궁금해 하지 않잖아요. 그래서 그런 세부적인 전공 지식이나 내용들에서 벗어나서 그냥 근본적으로 과학이라는 게 어떠한 것인지에 대해 생각해 보는 내용인 것 같아요. 학교에서 과학을 배우면 과학의 특성 자체를 배우는 게 아니라 과학 교과서 안에 적혀 있는 밀도, 끓는점, 옴의 법칙 이런 것들만 배우게 되잖아요. 그러니까 (NOS는) 초등학교 때부터 많이 배운 교과적인 내용에서 조금 벗어나서 근본적으로 과학이 무엇인지 과학의 특성을 알아보는 기회가 아이들에게 아마 처음일 것 같아요.

[B의 면담 중에서]

B는 NOS를 학습하는 것이 입시뿐 아니라 과학 학습에도 별다른 도움이 되지 않는다고 하였고, NOS의 학습이 과학의 특성을 단순히 한 번 살펴보는 것 이상의 큰 의미가 없다고 생각하였다. 또 A와는 달리 NOS 학습에 적합한 학생들을 '과학에 관심과 흥미가 있는 학생들'로 한정하였으며 그 이외의 학생들은 NOS 학습에 관심도 없을 것이며 필요하지도 않다고 생각하였다. 같은 맥락에서 NOS 교수 또한 과학탐구실험에서만 이루어지는 것이 적절하며 이외의 일반적인 과학 수업에서는 필요가 없다고 생각하여 NOS 학습의 중요성에 대한

인식도 A와 매우 대조적이었다.

교사 B: NOS는 학생들이 수능 봐서 대학 가는 데는 별 도움은 안 될 것 같은데요. 그리고 과학에 관심 없는 애들한테도 딱히 큰 의미는 없을 것 같아요. 정말 과학에 관심이 있고 좀 과학에 흥미를 느끼고 있는 아이들한테는 과학의 특성 그거 더 흥미를 불러일으킬 수도 있고 좀 더 나아가 나중에 과학사를 배울 때 ‘정말 과학이 변화한다는 특성에 맞는 사례들이구나’라고 한 번 더 생각할 수 있는 계기가 되지 않을까 싶습니다. …(중략)… 과학의 본성을 화학이나 통합과학에서 가르치는 건 적절하지 않다고 생각하고요. 과학탐구실험에서는 특정 분야의 과학 지식을 다룬다기보다는 과학 전체를 다루고 다양한 탐구 방법이나 실험을 다루기 때문에 맨 처음 1단원에서 과학의 본성을 먼저 가르치고 시작하는 건 적절하다고 생각합니다.

[B의 면담 중에서]

또 B는 NOS 학습을 중요하다고 인식하지 않았으므로 수업에서도 NOS는 ‘이런 것이 있다’는 수준으로 가볍게 알려주는 것이 바람직하다고 답하였다. 실제 수업에서도 NOS를 명제 수준으로만 가볍게 다루었고 A와 같이 학생들의 NOS에 대한 선개념을 탐색한다거나 이를 변화시키고자 하려는 모습은 보이지 않았다. 그리고 학생들이 NOS에 관심이 없고 흥미나 호기심을 느끼지 못할 것이라고 생각하였으므로 이 수업에서 학생들의 흥미를 유발하는 것과 이를 위해 학생들이 직접 참여할 수 있는 활동을 도입하는 것을 가장 중요하게 생각하였다. 따라서 학생들이 직접 참여함으로써 흥미를 느낄 수 있는 미스터리 튜브 활동이 수업 시간의 대부분을 차지하였다. 즉, B의 교수지향에서부터 NOS를 평가하고자 하는 모습을 찾기 어려웠으며 이에 따라 수업 전반의 구성에서도 평가의 기회를 찾기 어려웠다.

교사 B: 일단 (교과서에 있는 활동은) 아이들이 직접 느끼는 게 아니라 교사가 이런 과학의 본성이 있다고 설명을 줄줄 한 다음에 사례를 연결 짓는 느낌이어서 과학의 본성을 좀 체험할 수 있는 활동이 있었으면 좋겠습니다. 재미있게 애들이 무언가를 직접 해보고 체험도 해보고 실험도 해보고 다양한 것들을 직접 하게 시키고 싶은데, 그래서 학생들이 참여하고 같이 얘기하면서 만지고 직접 해보면 아무래도 더 기억에 많이 남고 재밌어할 거라고 생각했어요.

[B의 면담 중에서]

한편 B는 교과서나 지도서를 거의 활용하지 않고 수업의 대부분을 직접 구성하였는데 이 과정에서 참고할 만한 자료가 충분하지 않아 어려움을 겪었다. 그리고 이러한 점은 1차시 수업에서 평가가 원활히 이루어지지 않았던 것에도 영향을 미친 것으로 보인다. B는 교과서에 주어진 여섯 가지 NOS를 수업에서 설명하는 정도로만 교과서를 활용하였으며 교과서에 주어진 활동이나 교과서의 구성 등은 학생들의 흥미를 유발하기 어렵다는 이유로 활용하지 않았다. 그리고 실험 관련 연수에서 접했던 미스터리 튜브 활동을 NOS를 가르칠 때 활용하면 좋겠다고 생각하여 이 활동을 중심으로 수업을 계획하였다. 활동을 하는 시간 이외의 수업 구성이나 활동지 등은 전적으로 B가 직접 구성하였다. B는 이와 같은 수업 준비 과정을 ‘너무 고민스럽고 머리 아픈 과정’이라고 표현하였다.

교사 B: 과학의 본성을 처음 가르치는데, 재밌게 가르치고 싶은데 자료가 너무 없어서 어떻게 해야 애들이 흥미를 가지면서 접근할 수 있을지 생각해내는 게 너무 힘들었어요. 이것(미스터리 튜브 활동)도 옛날에 연수를 듣고 ‘나는 다음에 과탐실 맡으면 첫 시간에 이거 하면 좋겠다’라고 했었는데 그게 진짜 갑자기 생각 나서 부랴부랴 만들었거든요. 그래서 활동을 좀 하고 싶은데 과학의 본성과 관련된 활동을 사실 하기가 어렵잖아요. 그래서 이런 거를 어떻게 활동으로 할 수 있을지가 너무 고민스러워서 처음에 이거를 생각해 낼 때까지가 너무 머리가 아팠고요. …(중략)… 학생들이 활동지에 생각한 구조를 그림으로 그려보게 한 다음에 직접 만들어 보게 했어요. 활동지에 구멍 뚫어서 학생들한테 실을 주면 애들이 (구멍으로) 실을 뽑아서 만들어 보라고 구성했어요. 이런 아이디어는 연수해 주신 선생님 블로그에서 아이디어를 좀 따왔고 나머지는 제가 직접 다 구성했습니다.

[B의 면담 중에서]

이상의 결과는 학생들의 흥미를 유발할 수 있으며 어렵지 않게 NOS를 가르치기 원하는 B의 요구를 만족할 수 있는 교수학습 자료가 있었다면 B의 수업 준비 과정이 더욱 수월했을 수 있음을 의미한다. 그리고 B가 직접 구성한 1차시 수업은 NOS에 대한 평가를 포함하지 않아 비구조화된 경향이 있었으므로, 교사들이 참고할 수 있는 교수학습 자료가 구조화된 수업의 형태로 적절한 평가의 기회 또한 포함하고 있었다면 B의 수업에서도 평가가 상대적으로 원활히 이루어질 수 있었을 것이다. 이를테면 경기도교육청에서 실시한 과학탐구실험 교과 연수 자료에 수록되어 경기도교육청의 교사들을 중심으로 적지 않게 활용되고 있는 미스터리 박스 활동을 예로 들 수 있다. 이 활동은 B가 활용한 미스터리 튜브 활동과 유사하여 학생들의 흥미를 유발할 수 있을 것이며, 자료에는 “미스터리 박스가 의미하는 것은 무엇인가?”, “과학이 발전하는 단계에서 컨퍼런스 활동은 왜 중요한가?” 등과 같이 적절한 질문 혹은 문항이 제시되어 평가의 기회까지 갖추고 있다. 그러므로 교과서 이외에도 학생과 교사의 다양한 요구를 만족할 수 있는 NOS 교수학습 자료를 개발하고 학교 현장에 널리 보급할 필요가 있을 것이다.

나. 2차시의 과학사 조사 활동 중 평가

B가 2차시 수업에서 과학사 조사 활동을 구상했던 것은 1차시에서 미스터리 튜브 활동만으로 NOS를 설명하였으므로 학생들이 실제 과학사 사례를 조사하고 이에 대해 논의하면서 NOS를 학습할 수 있도록 하는 목적이 있었다. 그런데 B는 학생들의 흥미 유발과 학생 중심 활동을 중요시하였으므로 조사라는 학생 중심의 활동으로 학생들의 흥미를 유발하고 수업에 적극적인 참여를 유도하려는 목적이 더욱 컸으며 이로써 생활기록부를 작성할 때 활용할 수 있는 학생들의 산출물을 남기고자 하였다. 다시 말해 2차시의 과학사 조사 활동 또한 NOS를 심도 있게 다루고 평가하기보다는 학생 중심의 활동을 강조하려는 목적이 컸으며 이는 1차시 수업과 마찬가지로 B의 교수지향이 큰 영향을 미친 것이라고 할 수 있다.

교사 B: 아무래도 미스터리 튜브 활동이 과학적인 발견과 연관 짓기에는 비약이 느껴질 것 같아서 실제 역사 속에 있는 사례랑 연관을 지어보게 하려고 했어요. 제가 하나하나 설명해 주는 것보다

학생들이 조별로 직접 조사하고 그것을 애들한테 발표하게 하고, 문제도 본인들이 직접 출제하게 하고요. 또 학생들이 발표하면 다른 조 발표 들으면서 저 사례는 어떤 과학의 본성이랑 연관 지을 수 있을 것 같은지 생각을 좀 많이 해보게끔 하려고 했습니다. 그리고 무엇보다 학생들이 참여하는 걸 제가 좋아해가지고 학생들이 직접 조사해서 평가에 활용할 자료를 남기게끔 했어요. [B의 면담 중에서]

이 활동에서 NOS에 대한 평가에 주목하지 않는 B의 모습은 다음을 살펴보면 더욱 잘 알 수 있다. B는 수업 후 이루어진 면담에서 특정 조와 그 조의 학생을 언급하며 이들을 긍정적으로 평가하였는데, 긍정적인 평가의 이유는 NOS에 대한 이해를 잘했다기보다는 발표 자료를 잘 만들었으며, 발표를 매끄럽게 잘했기 때문이었다.

연구자: 이 학생들이 긍정적으로 평가한 학생들 같은데 이유를 설명해 주실 수 있나요?

교사 B: 그러니까 이 활동이 과학사 사례를 조사해서 그 사례를 모르는 친구들한테 발표를 하고 그 사례를 통해 알 수 있는 과학의 본성을 연결 짓는 퀴즈를 내는 거였는데 저 학생의 경우에는 발표 자료도 주어진 시간 안에 잘 만들었고 설명도 굉장히 잘해서 퀴즈 진행을 매끄럽게 했기 때문에 제가 생각한 그 수업 활동의 목적에 굉장히 잘 부합해서 긍정적인 말을 적어보았습니다. (이 학생들에게 다른 학생들과) 같은 시간을 줬는데 자료를 너무 잘 정리해서 발표를 무슨 수업하는 듯이 너무 잘해서 진짜 깜짝 놀랐거든요. [B의 면담 중에서]

그리고 이러한 생각을 바탕으로 생활기록부에 “과학의 본성을 설명할 수 있으며 플로지스톤설과 연소설을 조사하여 사례를 통해 알 수 있는 과학의 본성을 정확히 연결함. 발표 능력이 우수하여 청중을 사로잡는 힘이 있고 발표 내용에 대한 이해도가 매우 뛰어남.”와 같이 기록하였다. 여기서 ‘발표 능력이 우수하여 청중을 사로잡는 힘’은 앞서 언급한 발표 자료를 잘 만들고 발표를 매끄럽게 하는 것에 대한 평가였으며, ‘발표 내용에 대한 이해도’는 NOS에 대한 것이라기보다는 이 학생이 발표한 과학사에 대한 이해도를 의미하였다.

연구자: “발표 내용에 대한 이해도가 매우 뛰어남”이라고 적혀 있는 건 어떤 의미인가요? NOS를 말하는 건가요? 과학사를 말하는 건가요?

교사 B: 과학사 내용을 말하는 건데 조사를 직접 하고 그걸 설명해야 되는 발표라서... 근데 (저 학생들은) 과학사 내용을 잘 이해해서 발표도 굉장히 조리 있게 잘했습니다. [B의 면담 중에서]

생활기록부에 적은 내용 중 주목할 점은 “과학의 본성을 설명할 수 있으며 플로지스톤설과 연소설을 조사하여 사례를 통해 알 수 있는 과학의 본성을 정확히 연결함.”이라고 기록한 부분으로 NOS에 대한 언급이 있었던 것이다. 이에 대해 B는 특별한 의미를 두었다기보다는 학생이 수업에 열심히 참여하였고 주어진 활동을 잘 수행했으므로 수업의 목표를 달성했을 것이라고 생각하였고, 이에 따라 교과서에 제시된 수업 목표나 성취기준을 적절히 변형하여 적은 것이라고 하였다.

교사 B: 일단 “과학의 본성을 설명할 수 있으며” 이 부분은 교과서에 나와 있는 용어를 이용해서 적으려고 노력했던 거고요. “정확히 연결함”이라는 건 (의미 없는) 수식어 같은 개념인데 제가 봤을 때는 이 활동은 아이들이 다 같이 열심히 했기 때문에 수업 목표를 잘 달성했을 것이라고 생각해서 적은 큰 의미는 없는 문장인 것 같아요. 수업 시간에 열심히 배웠다면 당연히 알 수 있는 내용들이잖아요. 그래서 수업 시간에 연결하는 활동을 했으니까 그걸 이용해서 적은 거죠. [B의 면담 중에서]

2차시 수업에서는 학생들이 발표를 준비하는 등의 활동 중에 순회 지도를 통한 학생과의 상호작용이 일부 이루어지기도 하였다. 그러나 대부분의 상호작용은 태블릿 PC의 조작법, 웹에서 과학사를 조사하는 방법 등을 알려주는 것과 같은 기술적인 조인이었고, NOS나 과학사 내용과 관련된 상호작용은 거의 이루어지지 않았다. 예를 들어 B는 순회지도를 하다가 학생이 태블릿 PC로 자료를 만들 때 조작 문제로 어려움을 겪어 도움을 요청할 때 이를 해결하도록 도와주는 모습을 보였다.

학 생: 선생님 이거 한글로 바꿨는데도 계속 영어로 나와요.
교사 B: 봐봐 이걸로 바꿨어? 영어로 써진 거?
학 생: 그런 거 없는데요?
교사 B: 새로고침 해봐.
학 생: 새로고침, 되돌리기...
교사 B: 이거 가끔 한 번 영어로 바꿨다가 다시 하면 되더라고. 그렇지. [B의 2차시 수업 중에서]

이상의 내용을 정리하면 B는 NOS의 학습을 위해 과학사 조사 활동을 실시하였으며 이 활동을 통해 생활기록부를 작성하는 등의 평가가 이루어졌다. 그러나 이 과정에서 NOS에 대한 이해를 평가하는 것에 주목하지 않아 과학사나 발표 능력 등에 대한 평가가 중심이 되었고 NOS에 대한 평가는 제대로 이루어지지 못했다.

한편, 2차시 활동에서 NOS에 대한 평가가 제대로 이루어지지 못한 것은 이 활동의 반성적 수준이 낮아 NOS에 대한 이해를 추론하기 어려웠던 이유도 있었다. 2차시 수업의 과학사 조사 활동은 과학사 사례와 NOS를 연결 짓는 것으로 ‘안내하기’ 수준에 해당하며 구체적으로는 ‘역사적 사례에서 NOS 확인하기’ 활동이라고 할 수 있다. B는 이 활동에서 학생들이 NOS를 과학사 사례와 단순히 연결했을 뿐, 학생들의 다양한 생각이 드러나지 않아 이들의 NOS에 대한 이해를 추론하기 어렵다고 하였다. 다시 말해 반성의 수준이 낮아 과학사 사례가 특정 NOS와 연결되는 이유나 과학사 사례에서 특정 NOS가 나타나는 이유와 같이 학생들의 개인적인 의견이 표현될 여지가 적었으므로 학생들이 주어진 NOS를 잘 이해했는지 파악하기 어렵다는 것이다. ‘파스퇴르의 백조목 플라스크 실험’을 ‘과학 개념은 변화한다’와 연결되었던 학생들의 사례를 예로 살펴보면, 이는 단순히 ‘과학 개념은 변화한다’는 명제를 기억하고 있음을 의미할 뿐 해당 과학사 사례에서 과학 개념이 변화할 수밖에 없었던 이유나 과학 개념이 구체적으로 어떻게 변화하였는지 등에 대한 학생들의 생각은 파악하기 어렵다. 따라서 학생들의 NOS에 대한 이해 추론은 거의 이루어지지 않았으며, 과학사에 대한 이해를 일부 짐작하는 모습 정도만 볼 수 있었다. 예컨대 명왕성의 퇴출에 대해 조사한 조의 슬라이드를 평가

할 때 B는 학생들이 과학사를 잘 조사하였다는 이유로 NOS를 잘 이해했다고 추론하였으며 이 또한 확실하게 말하긴 어렵다고 하였다.

교사 B: 일단은 명왕성이 태양계의 행성 지위가 박탈이 되었다는 내용으로 발표를 했고 퇴출된 이유를 나름 간략하게 잘 정리를 해서 적어서 그래서 일단은 저 주제에 맞는 내용을 적어서 잘 조사했다고 생각을 하고요. 애나가 무슨 생각을 가지고 저렇게 했을지 모르겠는데, 아무튼 원래 명왕성이 들어 있다가 없어진 것 자체가 과학 이론이 변화한다는 증거가 되기 때문에 이해를 잘했다고 판단을 했는데 학생들의 생각이나 근거는 모르니까 제가 100% 확신할 수는 없네요.

[B의 면담 중에서]

활동의 반성 수준이 낮아 평가에 어려움을 겪었던 B는 반성의 수준을 높일 필요가 있다고 개선 방향을 제안하였다. 2차시 수업을 마친 후에 이루어진 면담에서 B는 학생들이 자신의 의견을 표현할 기회가 있어야 하므로 추후에 과학사 관련 NOS 발표 활동을 하게 된다면 학생들에게 특정 NOS가 과학사 사례와 관련되는 이유를 생각해 보도록 할 것이라고 응답하였다. 여기서 B가 제안한 활동은 ‘확장하기’ 수준에 해당하는 것으로 구체적으로는 ‘NOS 측면에 대한 이유 생각해보기’와 유사하다고 할 수 있다.

교사 B: 만약에 제대로 하려고 했다면 학생들에게 왜 그 과학의 본성과 연결된다고 생각했는지 이유를 설명하도록 했을 것 같습니다. 자료 조사만 하지 말고 너희가 퀴즈를 내고 답을 설정한 이유를 찾아서 정리해야 한다고 해야 했을 것 같은데 지금 아이들이 제출한 거는 그냥 과학사 사례를 검색한 결과를 PPT에 복사 붙여넣기 해서 옮긴 수준 정도여서 이걸 어떻게 평가해야 할지 잘 모르겠습니다. 아예 글 하나를 주고 거기서 조원들이랑 (연결할 수 있는 과학의 본성을) 찾아서 표시하고 이유를 적게 하는 방식으로 해도 좋을 것 같습니다.

[B의 면담 중에서]

또 다른 활동으로는 교사가 과학사를 제시하고 여기서 NOS를 찾는 것이 아니라 특정 NOS에 대응되는 사례를 학생들이 직접 조사하도록 하는 것을 제안하였는데, 이 활동 또한 ‘특정 NOS를 보여주는 사례 찾기’와 유사한 형태로 마찬가지로 ‘확장하기’ 수준에 해당한다고 할 수 있다.

연구자: 학생들의 이해가 잘 구별되지 않았다고 했는데 왜 그런가요?
교사 B: 아무래도 제가 주제를 정해 주지 않고 ‘너희들이 과학의 본성과 알맞게 대응되는 사례를 찾아서 조사해 보라’고 했으면 조별로 그 이해 정도에 따라 PPT 작성 결과가 좀 달라졌을 것 같은데, 제가 아예 주제를 주고 이 주제에 대해서 조사를 하라고 하니깐 누가 딱히 엄청 월등하게 잘하거나 못 한 게 아니라 그냥 다 고만고만했어요.

[B의 면담 중에서]

한편 퀴즈 활동에서 학생들이 퀴즈를 낸 조가 의도한 NOS를 말해 정답을 맞는 경우도 있었으나 다른 NOS를 말하는 경우도 적지 않았다. 예를 들어 ‘프스퇴르의 백조목 플라스크 실험’을 주제로 ‘과학 개념은 변화한다’를 설명하고자 했던 조의 설명을 들은 학생들은

‘과학은 증거에 기초한다’를 정답이라고 생각하였다. 과학사 사례와 NOS를 다르게 연결하는 모습은 교사와 학생 사이에서도 나타났다. B가 학생들에게 과학사를 제시할 때는 케쿨레의 벤젠고리 모형과 관련된 과학사는 ‘과학은 논리와 상상력의 조화로, 심지어 우연히 일어나기도 한다’와 연결 짓는 것과 같이 의도한 NOS가 있었으나 퀴즈를 내고 맞는 학생들 모두 B의 의도와는 다르게 생각하는 경우가 있었다. 이와 관련하여 B는 하나의 과학사에 여러 NOS가 대응될 수 있으므로 퀴즈를 맞는 학생들이 퀴즈를 낸 학생들이 의도한 NOS와 다른 것을 말하더라도 ‘정답’일 수 있다고 생각하였으며, 학생들에게도 이와 같이 설명하였다.

교사 B: 여러분이 3번이라고 한 것도 사실 정답이에요. 이게 다 과학이기 때문에 모두 정답입니다. 지금 저 조에서 중점적으로 본 것은 처음에 자연 발생설이었는데 이 자연 발생설을 부정하는 근거로 사용된 것이 이 실험들이기 때문에 ‘개념이 변화한다’에 초점을 맞췄고 여러분들은 ‘증거에 기초한다’고 답했죠. 저 조가 실험을 너무 자세하게 잘 설명해 줘서 이런 증거들 때문에 이러한 이론이 나왔다고 ‘증거에 기초한다’고 생각했을 거예요. 사실 제가 봤을 때는 모두 다 맞습니다. 1번도 맞고 3번도 맞고 다들 잘했습니다.

[B의 2차시 수업 중에서]

이처럼 개인에 따라 여러 가지 ‘정답’이 있을 수 있다는 생각 때문에 B는 일부 학생들이 퀴즈를 맞지 못하더라도 이들이 잘못했다거나 NOS를 제대로 이해하지 못했다고 단정 짓기 어렵다고 하였다. 또 같은 이유로 ‘정답’이 명확하지 않기 때문에 이 활동에서 학생들에게 점수를 매겨 성적에 반영하고자 했다면 어려움을 겪었을 것 같다고 하였다.

교사 B: 사실 제가 준 과학적 사례에 어떤 과학의 본성을 대응을 시켜나도 다 맞다고 보거든요. 그래서 그 아이들이 고른 ‘과학 개념은 변화한다’가 틀린 답은 아니라 그런 방향으로 생각을 하면 그 과학의 본성과 충분히 연관을 지을 수 있었던 거라서 그 학생들이 퀴즈를 잘못 냈거나 과학의 본성을 잘 이해 못했다고는 말할 수 없을 것 같아요. 워낙 하나의 사례에서 연결 지을 수 있는 본성들이 다양하기 때문에 다른 학생들이 퀴즈를 맞지 못했다고 하더라도 그 퀴즈를 낸 친구들이 이해를 못했다고 단정 짓기는 어려운 것 같습니다.

[B의 면담 중에서]

과학사에 여러 NOS가 관련될 수 있으므로 ‘정답’이 없다는 B의 견해는 A가 NOS를 일반적인 과학 과목과 구별하며 학생들의 주관적인 생각이나 견해를 묻는 것이므로 ‘정답’이 없다고 생각했던 것과 유사하다고 할 수 있다. A는 이러한 인식으로 인해 평가 계획과 채점 등 평가 전반의 과정에서 어려움을 겪었는데, 이는 B도 마찬가지였다. 즉, 교사들은 ‘정답’이 없다는 NOS의 특성으로 NOS 평가에 어려움을 겪었다.

마지막으로 A의 사례에서 과학탐구실험의 절대평가 제도는 ‘정답’이 없어서 평가 기준이 모호하다는 NOS의 특성과 함께 학생들의 NOS에 대한 이해를 구체적으로 변별하지 않도록 함으로써 NOS에 대한 평가를 제대로 하지 않도록 하는 여지를 제공하였다. 그런데

이와 유사한 모습이 B의 사례에서도 나타났다. NOS를 다루는 1, 2차시 수업에서는 점수로 성적에 반영하는 평가가 이루어지지 않는 이러한 모습을 관찰하지 못하였다. 그러나 B에게 과학탐구실험에서 이루어지는 평가와 일반적인 과학 과목에서 평가의 차이점을 물었을 때, 절대평가인 과학탐구실험에서는 가능한 많은 학생들에게 좋은 점수를 주려고 한다는 것을 가장 큰 차이점으로 꼽았으며 실제로 다른 단원의 수업에서 실시한 수행평가에서는 많은 학생들에게 좋은 점수를 주었다. 그리고 A와 마찬가지로 많은 학생들에게 좋은 점수를 주는 것이 학생들에게도 긍정적인 영향을 미칠 것이라고 생각하였으며 교사의 평가 부담 또한 많이 경감한다고 생각하였다.

연구자: 과학탐구실험에서의 평가와 일반 과목에서의 평가가 차이가 있나요?

교사 B: 일단 제일 큰 차이점은 최대한 만점을 주려고 하는 게 제일 큰 것 같아요. 일단 화학 같은 경우에는 1등급을 가려내야 된다는 부담감이 좀 있거든요. 그래서 수행평가 보고 문제 풀고 실험하고 관련된 문제 풀어가지고 어떻게든 틀리게 하려고 하는데 과학탐구실험에서는 진짜 그런 거 하나도 없이 그냥 자유롭게 이렇게 했으면 좋겠다는 정도로만 구성해서 저도 부담이 적고 아이들도 시험 안 보고 등급 안 나온다고 하니까 되게 좋아하고 그냥 편안하게 하더라고요. 그래서 그냥 진짜 부담 없이 참여만 열심히 하면 모두가 A를 받을 수 있는 지금의 평가 방식이 굉장히 좋다고 생각합니다.

[B의 면담 중에서]

IV. 논의

1. NOS에 대한 교수지향이 평가에 미친 영향

NOS 교수에 대한 의지 등을 포함하는 교수지향이 NOS 교수에서 중요하다는 것은 NOS와 관련된 여러 연구에서 밝힌 바 있다(Kim *et al.*, 2020, Schwartz & Lederman, 2002). 그러나 교수지향이 NOS 평가를 계획하고 실행 과정에 구체적으로 어떤 영향을 미치는지에 대한 정보는 부족했다. 그런데 본 연구에서 참여한 두 교사의 사례를 통해 NOS에 대한 교수지향이 수업과 평가에 구체적으로 어떤 영향을 미치는지 살펴볼 수 있었으며, 그 결과 교수지향은 수업뿐 아니라 평가에도 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 두 교사는 NOS에 대한 교수지향이 대조적이었고, 이러한 영향으로 NOS에 대한 평가에서 큰 차이를 보였다.

A는 NOS의 학습이 모든 학생들에게 중요하고 NOS에 대한 학생들의 선개념을 변화시키는 것이 중요하다고 생각하였다. 따라서 1-2차시의 수업에서는 '오개념 확인 활동지'나 '자기평가 보고서'를 이용한 형식적 방법뿐 아니라 순회지도 등의 비형식적인 방법으로도 수시로 NOS를 평가하고자 했다. 3-4차시의 수행평가에서도 조별 평가와 개별 평가로 나누어 학생들의 NOS에 대한 이해를 평가하고자 하였다. 그러나 B는 NOS의 학습이 갖는 중요성에 대한 인식이 상대적으로 부족했고 NOS에 대한 학생들의 관심과 흥미 또한 부족할 것이라고 생각하였다. 따라서 1차시 수업에서 NOS에 대한 학습과 평가를 깊이 있게 하기보다는 학생들의 흥미를 유발할 수 있는 활동에 집중하였다. 2차시의 과학사 조사 활동 또한 학생들의 흥미를 유발하고

적극적인 참여를 유도하려는 목적이 컸으며 생활기록부와 순회지도 등을 이용한 평가에서도 NOS에 대한 평가는 거의 이루어지지 않았다.

그러므로 NOS 평가에 대한 교사의 전문성을 높이고 향후 학교 현장에서 NOS 평가가 원활히 이루어지도록 하기 위해서는 과학교사의 NOS에 대한 교수지향 또한 개선할 필요가 있을 것이다. 구체적으로 NOS 학습의 다양한 의의를 교사들이 인식하여 NOS에 대한 긍정적인 교수지향을 갖도록 교육하고, NOS 교수에서는 평가 또한 의도적으로 미리 계획되고 실행되어야 한다는 점을 강조할 필요가 있을 것이다.

2. 평가 경험과 자료의 부족으로 인한 NOS 평가의 어려움

그동안 연구를 위한 목적으로 학생들의 NOS에 대한 이해를 조사하고 평가하는 방법에 대한 논의는 상대적으로 활발하게 이루어졌다(Chen *et al.*, 2013; Lederman *et al.*, 2002). 그러나 교실 수업에서 학생들의 이해를 평가하기 위한 방법이나 전략에 대한 논의는 거의 이루어지지 않았다(Hanuscin *et al.*, 2020). 그러므로 교실 수업에서 활용할 수 있는 NOS 평가 방법이나 문항 등에 대한 자료와 정보는 부족한 상황이다. 또한 학교 현장의 과학 수업에서 NOS 수업이 활발히 이루어지고 있지 않으므로 예비 및 현직교사들 또한 NOS 교육과 관련된 경험은 사범대학 등의 예비교사 교육과정에서 NOS를 학습하는 정도가 대부분이고 구체적인 수업과 평가 전략 등에 대한 경험은 부족하다(Kim *et al.*, 2020, Kim *et al.*, 2022a).

본 연구에 참여한 두 명의 교사 또한 NOS 평가 경험, NOS 평가를 위해 참고할 수 있는 자료가 부족하였다. 이에 따라 NOS를 평가하는 방법뿐 아니라 평가를 위한 구체적인 문항이나 활동지 등을 모두 처음부터 직접 구성하였으며 이 과정에서 많은 어려움을 겪었다. A의 경우 1-2차시에서 일상의 사례를 활용하여 NOS에 대한 학생들의 의견을 묻는 '오개념 확인 학습지'를 직접 제작하였다. 이 과정에서 많은 고민을 거쳤으며 자신의 의도대로 평가를 계획하지 못하기도 하였다. 또 3-4차시의 수행평가에서는 어떤 방법이 NOS를 평가하기에 적절인지 결정하기 어려워 자유로운 형태로 발표물을 제작하고 발표하는 활동으로 수행평가를 계획하였다. 이러한 모습은 개별평가에서도 마찬가지였는데, 개별 평가지의 구체적인 문항을 구성할 때 적절한 평가 방법을 계획하기 어려워 학생들에게 구체적인 질문을 하기보다는 자신에게 인상 깊었던 내용을 자유롭게 적어보도록 하였다. B는 수업을 계획하는 과정에서 교과서가 학생들의 흥미를 유발하기 적절하지 않다고 판단하여 거의 참고하지 않았다. 그리고 수업뿐 아니라 과학사 조사를 바탕으로 한 퀴즈 활동 그리고 이를 위한 과학사 사례 등도 본인이 직접 찾고 구성하였다. B는 이 과정을 '너무 고민스럽고 머리 아픈 과정'이라고 표현하기도 하였다.

이상과 같이 교사들이 수업과 평가 전반을 모두 직접 구성한 결과는 교과서를 비롯한 다양한 교수학습 자료와 동료교사 등으로부터 얻은 자료를 이용하여 수업과 평가를 계획하고 실행하는 일반적인 과학 수업에서 교사들의 모습(Kwak, 2008)과는 대조되는 것으로, 이 과정에서 교사들이 많은 어려움을 겪은 것은 자연스러운 결과라고 할 수 있다. 따라서 학교 현장에서 과학교사들이 어려움을 극복하고 NOS 평가를 적극적으로 실행할 수 있도록 돕기 위해서는 교실 수업에 적합한 평가 방법과 전략 등을 개발할 필요가 있다. 이때 교사들은

NOS에 대한 평가에서 구체적인 준거가 모호하다는 것에 가장 큰 어려움을 겪었으므로 평가 방법이나 전략과 함께 명확한 평가 준거를 마련해야 함을 유의할 필요가 있다. 또한 B가 교과서를 활용하지 않았던 것에는 학생들에게 흥미롭지 않고 너무 어렵다는 이유도 있었다. 따라서 수업과 평가의 대상이 되는 학생들의 수준과 관심도 등을 고려하여 학생과 교사의 다양한 요구를 만족할 수 있는 NOS 교수학습 및 평가 자료를 개발해야 할 것이다.

3. NOS에 대한 이해가 개인의 주관적인 견해라는 인식이 평가에 미친 영향

교사들은 NOS에 대한 이해가 개인의 주관적인 견해이므로 ‘정답’이 없다고 생각하였다. 이러한 인식은 평가를 계획하고 실행하는 과정 전반에 어려움을 가져왔으며 궁극적으로는 NOS에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않는 결과를 가져왔다. 예를 들어 A는 3-4차시의 평가를 계획하는 과정에서 구체적인 평가 준거를 마련하지 못하였으며 조별 평가와 개별 평가를 채점할 때에도 가능하면 후한 점수를 부여함으로써 체계적인 평가가 이루어지지 못하였다. B의 사례에서도 마찬가지로 모습이 나타났다. 과학사를 이용한 퀴즈 활동에서 학생들은 교사 혹은 다른 학생들의 의도와 다른 NOS를 정답으로 말하는 경우가 있었다. 그러나 B는 개인에 따라 여러 가지 ‘정답’이 있을 수 있다고 생각하여 일부 학생들이 퀴즈를 맞지 못하더라도 이를 제대로 이해하지 못했다고 단정짓기는 어렵다고 하였다.

이상의 결과는 과학탐구실험 수업에서 나타나는 과학교사 4명의 NOS 수업을 분석한 연구(Kim *et al.*, 2020)에서 교사들이 NOS에 대한 이해가 학생 개인의 주관적인 견해라거나 NOS가 인지적인 학습의 영역이 아니라는 이유를 들어 NOS를 평가하지 않았던 결과와 유사하다고 할 수 있다. 그러나 현대 과학교육의 중요한 목표 중 하나인 과학적 소양의 함양을 위해서는 현대적인 인식론에 기반하여 NOS를 이해할 필요가 있으며 이러한 점에서 미국의 차세대 과학교육표준(Next Generation Science Standard; NGSS, 2013)나 우리나라의 미래세대 과학교육표준(Song *et al.*, 2019) 등에서도 NOS에 대한 이해를 인지적 학습 목표로 포함하고 있다. 무엇보다 2015 개정 교육과정에서도 과학탐구실험의 핵심 개념과 일반화된 지식으로 NOS를 제시하고 있다(MOE, 2015). 따라서 교사들이 NOS 학습을 명확한 인지적 학습의 영역으로 여기고 평가할 수 있도록 교육할 필요가 있을 것이다(Abd-El-khalick & Lederman, 2000; Akerson *et al.*, 2000; Hanuscin *et al.*, 2011; Supprakob *et al.*, 2016).

한편 NOS를 학생 개인의 주관적인 견해처럼 여겼던 교사들의 의견은 Brock & Park(2022)의 최근 연구와 함께 추가로 논의해 볼 수 있다. Brock & Park(2022)은 NOS 학습의 목표를 바라보는 관점이 연구자에 따라 다양하다는 점에 주목하여 NOS에 대한 신념(belief)과 지식(knowledge), 이해(understanding)를 구분하였으며 이에 따른 교수 및 평가 방법을 제안하였다. 예를 들어 정당화를 요구하는 수준에 따라 NOS에 대한 신념은 참과 거짓을 쉽게 판단하기 어려운 정당화의 수준이 낮은 명제로, NOS에 대한 지식은 정당화된 참된 지식으로 구분할 수 있다. 이와 같은 구분에 따르면 NOS에 대한 신념과 지식 중 어느 것을 목표로 하느냐에 따라 평가 방법이 달라질 수 있다. NOS 수업의 목표를 신념으로 할 경우 평가는 학생의 다양한 관점을

인정하되 학생들이 자신의 견해를 정당화하는 방식과 그 정도에 초점을 맞춘 평가가 이루어질 수 있다. 반면 NOS에 대한 지식은 전통적인 과학 내용 지식의 평가와 유사한 방식으로 ‘정답’에 대한 옳고 그름을 기준으로 이루어질 수 있다. Brock & Park(2022)이 제안한 관점을 따르면 본 연구에 참여한 교사들이 NOS가 학생 개인의 주관적인 견해처럼 여겼던 것은 NOS 학습의 목표를 신념에 가깝게 여긴 것으로 학생들의 다양한 견해를 인정하고자 한 것이라고 할 수 있다. 즉, A와 B 두 교사의 사례에서와 같이 NOS에 대한 이해를 학생 개인의 주관적인 견해라고 여기더라도 자신의 견해에 대한 정당화 수준과 방식에 초점을 맞춰서 체계적인 평가가 이루어질 수 있었을 것이다. 이처럼 Brock & Park(2022)이 제안한 관점을 참고하여 교사들이 NOS 수업의 목표를 명확히 하도록 하는 것은 평가에서의 어려움과 문제점을 개선하도록 하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

4. 반성적 활동의 수준과 NOS 평가

지금까지 NOS의 효과적인 학습을 위해서는 명시적이고 반성적인 교수와 평가가 이루어져야 한다는 것이 많은 연구 결과로 밝혀져 왔다(Akerson *et al.*, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Shapiro, 1996). 그러나 반성적인 교수를 구체적으로 어떻게 실천해야 하는지에 대한 논의는 상대적으로 부족했다. 이에 교과서에 제시된 반성적 활동의 수준을 범주화한 연구(Park *et al.*, 2020)를 참고하여 본 연구에 참여한 두 교사의 수업 상황에서 나타나는 반성적 활동이 수준에 따라 평가와 어떻게 관련되는지 살펴보았다.

먼저 B의 사례에서는 2차시 과학사 조사 활동에서 ‘안내하기’ 수준의 반성적 활동이 이루어졌다. 이때 이 활동은 역사적 사례와 NOS를 단순히 연결하는 활동이었음에도 B는 NOS에 ‘정답’이 없으므로 평가하기 어렵다고 하였다. 또한 이 수준의 활동에서는 학생들의 다양한 생각이 드러나지 않으므로 이들의 이해를 구체적으로 추론하기 어렵다고 하였다. 이는 NOS에 대한 평가가 제대로 이루어지지 못하도록 하는 데에도 영향을 미쳤다. 반면 A의 사례에서는 1-2차시의 ‘오개념 확인 활동지’나 ‘자기평가 보고서’는 물론이고 3-4차시의 수행평가에서도 ‘안내하기’보다는 ‘확장하기’나 ‘비판적으로 생각하기’와 같이 상대적으로 높은 수준의 반성적인 활동이 나타났다. 그리고 이러한 활동에서 학생들의 다양한 견해가 드러나 오개념 등 학생들의 이해를 파악하고 추론하기 수월하다는 장점이 있었다. 그러나 이러한 활동에서 드러난 학생들의 다양한 견해는 ‘정답’이 없다는 인식과 맞물려 구체적인 평가 준거가 모호하여 채점하는 과정에 어려움을 가져왔다. 이에 따라 A는 수업을 모두 마친 후에 평가에서 모호함을 없애기 위해 오히려 ‘안내하기’ 수준의 반성적 활동을 지향하는 모습도 보였다. 그런데 이때 A 또한 B와 마찬가지로 NOS에는 ‘정답’이 없다고 생각하였으므로 ‘안내하기’ 수준의 활동으로 평가를 하였더라도 B와 마찬가지로 평가에 어려움을 겪었을 수 있을 것으로 보인다.

이러한 결과는 반성적인 활동의 수준이 NOS의 평가와 구체적으로 어떻게 관련될 수 있는지 보여주는 것이라고 할 수 있다. 그러므로 본 연구의 결과에 기초하여 반성적 활동에 대한 후속 연구가 활발히 이루어질 필요가 있다. 예를 들어 반성적인 활동의 수준에 따라 학생들의 응답이 어떻게 달라지며 이러한 응답을 어떻게 체계적으로 평가할 수 있는지 그 방안에 대한 연구가 필요하다. 또한 각 수준의 활동

안에서도 다양한 하위 유형의 활동이 있으며 이에 따라 학생들의 응답이 달라질 수 있으므로 하위 수준과 유형에 대한 연구도 필요할 것이다.

5. 과학탐구실험의 평가 제도에 대한 고려의 필요성

2019학년도부터 절대평가 방식으로 성취도를 3단계로 산출하는 지침이 과학탐구실험에 적용되었다. A와 B 두 교사는 절대평가 제도에서 많은 학생들에게 점수를 후하게 주는 것이 학생들에게 긍정적인 영향을 미칠 것이라고 생각하였으며 실제로 이렇게 성적을 주고 있었다. 이러한 인식과 실태는 NOS에는 '정답'이 없으므로 체계적인 평가가 어렵다는 생각과 더해져 NOS에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않도록 하는 결과를 가져왔다. 예를 들어 A는 3-4차시의 조별 평가와 개별 평가에서 명확한 평가 준거가 부재한 채로 많은 학생들에게 만점을 주었으나 이러한 상황을 긍정적으로 인식하고 있었다. 즉, A가 '상대평가라면 NOS의 내용을 엄밀히 따져 평가하였을 수도 있다'고 밝힌 바와 같이 절대평가 제도가 많은 학생들에게 좋은 점수를 주는 것을 긍정적으로 인식하도록 함으로써 학생들을 체계적으로 평가하지 않아도 되는 여지를 제공했다.

그러나 교사들이 NOS 평가에 익숙하지 않다는 점과 NOS에는 '정답'이 없어 평가가 어렵다고 생각한 점 등을 고려하면 이러한 결과를 다른 관점에서 볼 수도 있다. 상대평가와 달리 객관성이 높은 기준으로 학생들을 엄밀히 변별하지 않아도 된다는 절대평가의 특성이 오히려 NOS 수업에서 다양한 학생 중심의 활동을 실천하고 이 과정에서 NOS에 대한 평가를 미숙하게라도 시도해 보도록 하는 기회를 제공한 것일 수도 있다. 따라서 평가 제도가 과학교사의 NOS에 대한 평가에 구체적으로 어떤 변화를 가져오며 학생들에게는 어떠한 영향을 미치는지 등에 대한 연구가 필요하다. 또 향후 과학탐구실험에서 NOS 평가 연구를 계속함에 있어서도 이러한 평가 제도의 특성을 중요한 요인으로 고려할 필요도 있다.

V. 결론 및 제언

NOS에 대한 교육은 오랫동안 과학교육의 목표였으며, 과학탐구실험에서도 이를 명시적으로 포함하였다. 그러나 학교 현장에서 이루어지는 NOS 수업에서 NOS에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않는 것으로 알려져 있으며, 우리나라 과학교사의 과학탐구실험 수업을 조사한 연구들에서도 유사한 결과를 보였다. 이에 따라 본 연구에서는 NOS 평가를 실행하는 2인의 교사를 목적 표집하고 두 교사의 사례를 심층적으로 분석함으로써 과학교사의 NOS 평가 실행 과정을 탐색하였다. 그 결과 두 교사의 NOS 평가 실행 과정에서 다양한 어려움과 문제점을 찾을 수 있었다. 그리고 이는 NOS에 대한 교수지향, 교수학습 및 평가 자료, 교사들이 사용한 평가 방법, NOS 평가에 대한 교사들의 인식 등 다양한 요인과 관련되었다.

먼저, NOS에 대한 교수지향은 평가 실행에 적지 않은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, NOS의 학습이 모든 학생들에게 필요하다거나 NOS는 학교 과학에서만 아니라 일상과도 관련이 깊다는 등의 바람직한 교수지향이 적극적인 NOS 평가로 이어졌다. 교사들은 NOS에 대한 평가 경험과 평가에 참고할 수 있는 자료가 부족하여 NOS에

대한 평가 문항, 평가 준거, 평가 방법 등을 모두 직접 고안하였으며 이 과정에서 어려움을 겪었다. NOS에 대한 이해가 학생 개인의 주관적인 견해에 가깝다는 교사들의 인식은 평가를 계획하고 산출물을 채점하는 등 평가 실행 과정 전반에 어려움과 문제점을 가져왔다. 평가 문항의 반성적 수준 또한 중요하게 작용했다. 낮은 수준의 반성적 활동에서는 학생들의 이해에 대한 추론이 어려워 평가에도 어려움이 있었다. 높은 수준의 반성적 활동에서는 학생들의 다양한 견해가 드러났으나 '정답'이 없다는 교사들의 인식에 따라 명확한 평가 준거가 부재하여 마찬가지로 평가에 문제가 발생하였다. 과학탐구실험의 절대평가 방식은 교사들이 NOS 평가 준거를 설정할 때 겪은 어려움과 어우러져 NOS 평가가 제대로 이루어지지 않도록 하는 여지를 제공하였다.

본 연구는 과학교사의 NOS 평가 실행 과정에 대한 정보가 부족한 상황에서 이루어진 탐색적 연구로, 2인의 과학교사를 대상으로 하였으므로 연구 결과를 일반화하기에는 한계가 있다. 그러나 두 교사의 평가 실행 과정을 구체적인 수업 맥락, 평가 사례와 함께 심층적으로 조사하였다. 그러므로 연구 결과를 바탕으로 향후 학교 현장에서 효과적인 NOS 평가가 이루어질 수 있도록 하기 위한 시사점을 다음과 같이 제안할 수 있다.

우선 NOS에 대한 과학교사의 교수지향을 개선하기 위한 꾸준한 노력이 필요하다. 본 연구 결과에서 교수지향이 평가와 깊은 관련이 있는 것으로 나타났을 뿐 아니라 교수지향은 수업에도 큰 영향을 미치기 때문이다. 특히 교수지향은 교수 및 평가 전략 등과는 다르게 쉽게 변화되기 어려우므로 예비교사 교육과정 전반에서 과학교육의 목표나 과학적 소양 등에 대한 교육과 함께 NOS에 대한 교수지향을 교육할 필요가 있을 것이다.

또한 교사들은 NOS에 대한 이해가 개인의 주관적인 견해라고 생각하여 평가에 어려움을 겪었다. 이때 교사들이 자신의 수업을 통해 학생들이 학습하기를 바라는 구체적인 NOS가 있었음에도 NOS에 대한 이해가 개인의 주관적인 견해라고 생각한 것은 다소 모순적이라고 할 수 있다. 즉 이러한 결과는 NOS에 대한 이들의 인식이 입체적이고 복잡함을 보여준다. 따라서 그러므로 교사들의 구체적인 견해와 견해에 영향을 미친 배경 등을 조사할 필요가 있다.

초·중·고등학교의 교실 수업에 적합한 NOS 평가 방법을 연구하고 개발할 필요가 있다. 그리고 이러한 결과를 구체적인 평가 사례나 문항, 활동으로 만들고 교과서와 교사용 지도서를 중심으로 다양한 교수학습 자료에 포함함으로써 학교 현장의 교사들에게 보급해야 한다. 교수지향, 전문성 등이 부족하더라도 바람직한 교수학습 및 평가 자료가 풍부하고 이를 교사들이 쉽게 접근하여 활용할 수 있다면 교사들이 수업과 평가 준비 과정이 더욱 수월할 수 있을 것이며 학교 현장에서 NOS 수업과 평가 상대적으로 잘 이루어질 것으로 기대할 수 있다.

본 연구에서는 반성적 활동의 수준에 따라 NOS 평가를 분석하였으며 후속 연구를 제안하였다. 향후에는 평가의 문항의 형태나 질문의 유형(Kruse *et al.*, 2022) 등 NOS 평가에 영향을 미칠 수 있는 다양한 측면에서 연구가 필요하다. 또한 본 연구는 두 교사가 자신의 의지와 계획에 따라 NOS 수업과 평가를 실행하는 자연스러운 상황에서 이루어진 연구로 교사들의 평가 실태를 조사한 것에 가깝다. 그러므로 향후에는 평가 전문성 향상을 위한 프로그램이나 어려움 극복을

도울 수 있는 전략 등을 개발하고 이를 교사들에게 적용하는 연구가 필요하다. 그리고 프로그램과 전략의 적용한 후 교사들의 평가 사례를 심층적으로 분석하고 이 연구의 결과와 비교분석함으로써 그 효과성을 조사할 수도 있을 것이다.

국문요약

이 연구에서는 과학탐구실험 수업에서 NOS 평가를 실행하는 과학 교사의 사례를 심층적으로 분석하였다. 서울시에 소재한 고등학교에 재직 중이며 2015 개정 교육과정에 따른 과학탐구실험의 수업에서 NOS를 가르치고 평가한 과학교사 2명이 연구에 참여하였다. 이들의 수업 및 평가 자료를 수집하고 NOS 수업과 평가를 관찰하였으며 면담을 실시하였다. 수집한 자료를 바탕으로 두 교사의 NOS 평가 실행 과정을 분석하였다. 연구 결과, 교사들은 NOS에 대한 평가 경험이나 자료가 부족하여 평가를 직접 구성하였으며 적절한 평가 방법을 선택하고 평가 문항, 준거를 구성하는 과정에서 어려움을 겪었다. 두 교사 모두 NOS에 대한 이해가 학생 개인의 주관적 견해이므로 평가하기 어렵다고 생각하였다. 따라서 구체적인 평가 준거를 설정하는데 어려움을 겪었고 이는 평가 실행 과정 전반에도 어려움을 가져왔다. 두 교사가 실행한 평가의 반성적 수준에서 차이가 나타났으며 낮은 수준의 반성적 활동에서는 학생들의 이해 추론에 어려움이 있었으므로 평가가 제대로 이루어지지 못했다. NOS에 대한 교수지향은 NOS 평가에 대한 인식, 수업 전반의 구성에 영향을 미쳐 두 교사의 NOS 평가 실행에도 차이를 가져왔다. 마지막으로 과학탐구실험의 절대평가 방식 또한 교사들의 NOS 평가 실행에 영향을 미쳤다. 이상의 결과를 바탕으로 학교 현장에서 효과적인 NOS 평가가 이루어질 수 있도록 하기 위한 시사점을 논의하였다.

주제어 : 2015 개정 교육과정, 과학탐구실험, 과학의 본성(NOS), 평가

References

Abd-El-Khalick, F. S., & Akerson, V. L. (2004). Learning about nature of science as conceptual change: Factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88, 785-810.

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.

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.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993). *Benchmarks for science literacy: A project 2061 report*. New York, NY: Oxford University Press.

Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students "ideas-about-science": Five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.

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.

Brock, R., & Park, W. (2022). Distinguishing nature of science beliefs, knowledge and understandings: Towards clarity and coherence in educational goals related to the nature of science. *Science & Education*.

Chen, S., Chang, W. H., Lieu, S. C., Kao, H. L., Huang, M. T., & Lin, S. F. (2013). Development of an empirically based questionnaire to investigate young students' ideas about nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(4), 408-430.

Cho, E. (2020). A case study of science teachers' intention of teaching nature of science -An investigation into the interplay between knowledge and beliefs-. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(5), 21-50.

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.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Los Angeles, CA: Sage Publications.

Go, Y. K., Chung, J. I., Paik, S. H. (2013). A case study of beginning elementary school teachers' view changes on the nature of science and science education through teacher education of La Main à la Pâte program. *Teacher Education Research*, 52(2), 215-226.

Hanuscin, D. L. (2013). Critical incidents in the development of pedagogical content knowledge for teaching the nature of science: A prospective elementary teacher's journey. *Journal of Science Teacher Education*, 24(6), 933-956.

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.

Hanuscin, D., Khajeloo, M., & Herman, B. C. (2020). Considering the classroom assessment of nature of science. In McComas, W.F. (Ed.) *Nature of science in science instruction* (pp. 409-423). Cham, Switzerland: Springer.

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and 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, H., & Noh, T. (2022a). 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., Park, D., & Noh, T. (2022b). Science teachers' actual and preferred cases of assessment in 'Scientific Inquiries in History' of Science Inquiry Experiment. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 42(6), 597-610.

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, M., Shin, H., & Noh, T. (2022c). The characteristics of NOS lessons by science teachers: In the context of 'Science Inquiry Experiment' developed under the 2015 Revised National Curriculum. *Journal of the Korean Chemical Society*, 66(5), 362-375.

Kruse, J., Kent-Schneider, I., Voss, S., Zacharski, K., & Rockefeller, M. (2022). Investigating the effect of NOS question type on students' NOS responses. *Research in Science Education*, 52(1), 61-78.

Kwak, Y. (2008). *Pedagogical content knowledge(PCK) and instructional consulting for beginning teachers in secondary school science* (Research Report ORM 2008-29-3). Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.

Lawson, A. E. (1982). The nature of advanced reasoning and science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(9), 743-760.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learner's 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.

Lederman, N., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In McComas, W. F. (Ed.) *The nature of science in science education* (pp. 83-126). Dordrecht, Netherlands: Springer.

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. *The Korean Society of Earth Science Education*, 9(2), 217-232.

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.

Mesci, G., Schwartz, R. S., & Pleasants, B. A. -S. (2020). Enabling factors of preservice science teachers' pedagogical content knowledge for nature of science and nature of scientific inquiry. *Science & Education*, 29(2), 263-297.

Ministry of Education (MOE) (2015). *2015 Revised Science National*

- Curriculum. Seoul: Ministry of Education.
- National Research Council (NRC) (2011). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academies Press
- NGSS Lead States (NGSS) (2013). Next Generation Science Standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
- Park, W., Yang, S., & Song, J. (2020). Eliciting students' understanding of nature of science with text-based tasks: Insights from new Korean high school textbooks. *International Journal of Science Education*, 42(3), 426-450.
- Rowe, M. B. (1974). A humanistic intent: The program of preservice elementary education at the University of Florida. *Science Education*, 58(3), 369-376.
- Russell, T. L. (1981). What history of science, how much, and why?. *Science Education*, 65(1), 51-64.
- 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.
- Shapiro, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the "face of science that does not yet know." *Science Education*, 80(5), 535-560.
- 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.
- Stake, R. (2013). *Multiple Case Study Analysis*. New York, NY: Guilford.
- Supprakob, S., Faikhamta, C., & Suwanruji, P. (2016). Using the lens of pedagogical content knowledge for teaching the nature of science to portray novice chemistry teachers' transforming NOS in early years of teaching profession. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1067-1080.
- Yin, R. K. (2011). *Applications of case study research*. Los Angeles, CA: Sage Publications.

저자정보

김민환(서울대학교 교육종합연구원 객원연구원)
김혜린(서울대학교 학생)
장지수(서울대학교 학생)
노태희(서울대학교 교수)