

일반 고등학교 1학년 학생들의 과학적 탐구의 본성에 관한 이해

조 은 진*

서울대학교 과학교육과, 08826, 서울특별시 관악구 관악로 1

Investigation into Tenth Graders' Understanding of the "Nature of Scientific Inquiry"

Eunjin Cho*

Department of Science Education, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

Abstract: This study aims to investigate tenth graders' understanding of the nature of scientific inquiry (NOSI). A total of 100 public school students participated. A questionnaire of Views about Scientific Inquiry was used to assess their understanding of the NOSI, and data were collected using qualitative research methods such as open-ended questionnaires and, when necessary, semi-structured interviews. By employing a constant comparison method to analyze their responses, five students were consistently categorized as the group with informed views regarding all the eight aspects of the NOSI. The rest of the students showed different levels of understanding regarding each aspect. A large portion of the students represented a group with mixed views about four aspects and informed views about three aspects, whereas naive views about one aspect prevailed among them. The results showed that many students comparatively lacked understanding of the aspect related to the scientists' process of constructing explanations and formulating theories. This study discusses the relationship between its results and the current science curriculum and presents implications for the overall enhancement of students' understanding of the NOSI. Finally, it encourages the acquisition of scientific inquiry ability and makes suggestions to promote further studies.

Keywords: high school students, views about scientific inquiry, scientific inquiry ability

요약: 본 연구에서는 서울 지역 일반 공립 고등학교 2019학년도 1학년 재학생 100명의 과학적 탐구의 본성에 대한 이해 양상을 탐구하여, 학생들의 과학적 탐구 역량 배양을 위한 과학교육의 개선과 발달에 함의를 제공하고자 하였다. 이에 과학적 탐구의 본성 8가지 측면을 평가 내용으로 하는 VASI 검사 도구를 사용하여 학생들의 과학적 탐구의 본성 이해 양상을 조사하였다. 학생들의 응답 자료에 대해 반복적 비교법을 적용하여 분석한 결과, 5명의 학생이 과학적 탐구의 본성의 8가지 측면에 대해 일관되게 전문적 관점을 소유한 것으로 나타났으며, 대부분 학생의 이해에서, 3가지 측면, 즉 '모든 과학자가 같은 과정을 수행한다 해도 같은 결론을 얻게 되는 것은 아니다.', '탐구 과정은 탐구 문제에 의해 안내된다.', '연구 결론은 수집된 자료에 모순되지 않아야 한다.'에 대해서는 전문적 관점이, 4가지 측면, 즉 '과학적 탐구는 서로 다른 방법을 취할 수 있다.', '모든 과학적 탐구는 질문을 제기하여 시작하지만, 반드시 가설을 시험하는 것은 아니다.', '탐구 과정은 그 결과에 영향을 미칠 수 있다.', '과학적 자료와 증거는 다르다.'에 대해서는 혼합적 관점이 우세하였다. 하지만 1가지 측면, 즉 '수집된 자료와 이미 알려진 바를 종합하여 설명이 구축된다.'에 대해서는 초보적 관점을 표출한 학생들이 가장 많았다. 이러한 연구 결과에 대한 분석 및 해석과 현시점의 과학 교육과정 사이의 관련성을 논하면서, 장차 학생들의 과학적 탐구의 본성 이해 및 과학 탐구력 신장을 위한 교육적 시사점을 제시하고, 연구 관련 제안을 하였다.

주요어: 고등학생, 과학적 탐구의 본성에 관한 이해, 과학적 탐구력

*Corresponding author: myjyk93@snu.ac.kr
Tel: +82-2-580-3869

서론

지금까지 과학교육 목표를 언급할 때마다 어김없이 등장하는 과학적 소양은 한 세기가 넘도록 세계 여러 나라 과학교육 발전을 위한 논의의 중심에 존재해 왔으며, 최근 들어 그 의미의 강조와 확대는 각 나라의 과학교육 개혁안에 나타나는 특징이라고 할 수 있다. 그러한 우수 과학교육 개혁안들(e.g., MOE, 2015; American Association for the Advancement of Science, 이하 AAAS, 1990, 1993; Council of Ministers of Education of Canada, 1997; National Research Council, 이하 NRC, 1996; Next Generation Science Standards, 이하 NGSS, NGSS Lead States, 2013; United Kingdom Department for Education, 2015)은 공통으로 과학적 소양인 양성을 위한 기본적인 고도 필수적인 교육내용으로 과학의 본성(nature of science, 이하 NOS) 및 과학적 탐구를 포함하였다.

보다 장기적 안목에서 과학교육에 관한 국가 수준의 기준을 제시하고자 2013년 4월 9일 공표된 미국의 NGSS(NGSS Lead States, 2013)는 학습자들이 필수적인 과학 지식을 습득하는 것은 물론, 과학적 탐구와 공학적 설계 과정 등을 통해 더 깊이 있는 과학 이해를 배양하는 것을 목표로 하였다. 마찬가지로, 우리나라의 2015 개정 과학과 교육과정에서는 일반 시민이 과학적 탐구 역량을 함양하도록 하는 교육을 중시하였고(MOE, 2015), 한국과학교육표준(Korean Science Education Standards)에서는 미래지향적 과학 소양을 “과학 관련 역량과 지식을 지니고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 태도와 능력”으로 명료화하면서(Song et al., 2018, p. 73), 과학적 소양인이 갖춰야 할 역량의 하나로 과학적 탐구력을 포함하였다. 이때, 과학적 탐구력은 “과학적 문제해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력”을 말한다(MOE, 2015, p. 3).

지금까지 과학적 탐구의 정의는 물론, 그 지위에 대해 다양한 관점들이 존재해 왔다. 예를 들어, Lederman(2009, p. 1)은 과학적 탐구를 “과학자들이 질문에 대한 해답을 얻기 위한 체계적인 접근”으로 정의하였고, 미국의 과학적 소양 교육표준(AAAA, 1990)과 NRC(1996)에서는 ‘과학의 과정’을 ‘자료 수집, 해석 및 결론 도출과 관련된 활동’으로 간주하면

서, 과학적 탐구의 내용 기준을 NOS나 과학사 내용 기준으로부터 분리하여 기술하였다. Project 2061(AAAS, 1993)에서 NOS는 과학적 탐구를 포함하는 가장 중요한 범주였으며, 이후, 미국의 국가과학교육 표준(National Science Education Standards, 이하 NSES, NRC, 1996)에 제시된 NOS와 과학적 탐구는 상호 관련성을 갖는 것으로 기술되면서 서로 독립적인 범주로 분류되었다. 미국의 과학교육 개혁을 위한 지침들을 고찰해 보면, 가장 차별성을 갖는 개혁안은 AAAS(1990)와 NRC(1996)로서, 가장 주목하여야 차이점은 과학적 탐구와 NOS를 인지적 학습 결과로 간주하여, 학생들이 탐구와 관련된 일련의 기술을 습득하는 것뿐만 아니라, 탐구에 대한 이해를 발전시키는 것 역시 과학교육 목표에 명시하기 시작했다는 것이다. 이를테면, 학생들이 효과적인 연구 설계를 고안할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 과학에 사용되는 탐구의 형태는 다양하다는 사실과 보편적이고 절차적인 소위 ‘과학적 방법’이라고 불리는 학교 과학 수업 내 탐구 개념이 부정확하고 왜곡된 표현이라는 사실을 깨닫도록 하는 것을 의미한다.

NSES(NRC, 2000)는 ‘탐구를 수행할 수 있는 능력’과 ‘탐구의 특성에 대한 기본적인 이해’를 공통적으로 강조하였고, NGSS(NGSS Lead States, 2013)에 제시된 과학 소양의 4가지 범주의 하나는 과학적 탐구이다. 한편, Hodson(2009)과 Hodson and Wong(2017)은 ‘과학에 대한 이해’라고 지칭하려면 반드시 과학자의 실행이 갖는 특성들을 포함해야 한다고 주장해 왔으며, Matthews(2012) 역시 모델링과 같은 더욱 현대적인 ‘과학자의 탐구 과정에 관한 이해’를 강조하였다. 이에 과학교육 개혁을 위한 노력에 있어서 과거와 현재 사이의 차이점 중의 하나는, 학습자들의 탐구와 관련된 과학의 과정 기술 습득을 강조하던 것에 더하여 ‘과학적 탐구의 본성(nature of scientific inquiry, 이하, NOSI)에 대한 이해에 방점을 둔 것’이라고 할 수 있다(Lederman and Lederman, 2019). 현 시점의 과학교육은 학습자들이 탐구 능력뿐만 아니라, 과학이란 과업이 구축하는 모든 산물의 생성 과정에 대한 전반적인 이해를 구축하도록 나아가고 있다. 이는 학습자들이 지식의 발달에 내재한 과정과 가정에 대한 적절한 이해 없이 과학 지식을 의미 있는 방식으로 이해하기 어렵기 때문이다(Driver et al., 1996).

이처럼 NOSI를 과학 교수학습에 명시적으로 포함

하고자 하는 배경에는, 그 어떤 탐구 개념을 적용한다고 하더라도, 학생들이 학교 수업에서 행해지는 탐구에 참여하는 것만으로는 탐구에 대한 올바른 인식을 습득하기에 부족하다는 사실이 존재한다. 즉, 많은 과학교육 연구자들이 탐구를 수행하는 가운데 탐구에 대한 이해 역시 배양될 수 있다는 암묵적 가정은 증거를 수반하지 않으므로 잘못된 것으로 판단한 것이다(Wong and Hodson, 2009, 2010). 만약 학생들이 과학자들의 실제적 탐구를 직접 경험하도록 할 수 있다면, 과학적 방법과 NOS에 대해 통합적으로 이해하도록 이끌 수 있겠지만, 현재 학교에서 진행되고 있는 탐구 활동은 과학자 집단에서 수행하는 복잡한 추론, 과학적 의미에 대한 다양한 협상 등이 빠져 있어 실제 과학과의 유사성을 찾아볼 수 없는 것이 사실이다(Chinn and Malhotra, 2002), 특히, 학생들의 과학에 대한 이해를 위한 탐구 활동은 반드시 다양한 근거를 고려하는 과정, 비판적인 사고 기술을 적용하는 과정, 의미를 협상하기 위해 논쟁에 참여하는 과정 등을 포함해야 하지만(Zeidler et al., 2002), 결국 과학자들이 실제로 수행하는 탐구 활동은 매우 복잡하여 현실적으로 일반 학교에서 학생들에게 실제 과학 하기의 경험을 제공하는 것에는 한계가 존재한다(Schwartz et al., 2004). 학생들이 과학자들의 실행을 그대로 수행하지 않는 이상, 암묵적으로 ‘탐구란 무엇인가’에 대한 올바른 인식을 배양할 수 없으므로, 실리적인 관점에서 볼 때, 과학교육 목표에 더 근접하는 접근의 하나는 NOS를 교수학습의 내용으로 포함하는 것이다. 우리나라에서는 제 3차 과학과 교육과정으로부터 지속해서 과학적 탐구를 교육내용에 포함해 왔으며, 2009 개정 과학과 교육과정에서, 과학 개념 학습에 집중하는 것에 머물 것이 아니라, 학습자들이 과학의 가치, 의미 및 역할, 과학적 방법과 NOS를 이해하도록 교육할 것을 명시한 바 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2009). 최근에는 NOS 이해의 중요성에 비추어 ‘과학에 대한 이해’의 범주에 NOS 요소를 포함하는 추세이다(OECD, 2017).

지금까지 과학자, 과학교육자는 물론, 교육과정 개발자들이 기울인 학생들의 과학적 탐구 관련 이해의 배양을 위한 오랜 노력에도 불구하고, 그 진전은 바람직한 수준에 이르지 못하고 있다(Lederman and Lederman, 2014). 그 원인 중의 하나는, 지난 수십

년간 과학교육에서 과정으로서의 과학을 중시하는 흐름과 함께, 탐구를 설명하는 의미의 확대와 급증이 K-12 과학 수업에서 탐구를 어떻게 다룰 것인가의 문제를 일으켜 온 것에서 찾을 수 있다. 다른 한편으로는, 지금까지 학교 과학 내 실험 활동이 학생들의 탐구 개념에 막강한 영향력을 행사하여, 진정한 과학자의 실행을 왜곡하거나 지나치게 단순화하여 전달해왔기 때문이다(Hodson, 2014). 또한, 주로 과학의 산물에 집중하여 최종적 형태로 과학을 묘사해 온 교과서는 과학적 인식이 존재하는 방법론이나 해석적 요소들을 간과한 탓에(Duschl, 1994), 과학의 과정에 대한 올바른 이해를 구축하는 데 장애로 작용해 왔다고 할 수 있다. 이에 Duschl and Grandy(2011)는 학생들의 과학 인식론에 포함돼야 할 필수적 내용으로, 과학자들이 탐구 방법을 변경하거나 수정하는 것과 과학 지식을 평가할 때 그 기준이 변화할 수 있다는 점을 강조하였다.

국외에서 과학적 탐구에 대한 인식 측면을 주제로 한 연구는 NOS 연구와 비교해 부족한 형편이다(Lederman et al., 2014). 국외보다, 국내 과학교육 연구에서는 NOS라는 개념을 사용하는 사례들이 적을 뿐만 아니라, NOS 관련 연구에 NOS 내용 요소의 일부를 포함한 경우가 다수이며, 예비 및 현직 교사를 대상으로 한 연구(e.g., Sung et al., 2016)나 과학자를 대상으로 한 연구(e.g., Lee, 2014)에 비하여, 중등학생을 대상으로 한 연구(e.g., Yang et al., 2017)는 소수이고, 특히 ‘과학적 탐구의 과정’을 핵심개념으로 명시한 과학교육과정(MOE, 2015) 내 우리나라 고등학생을 대상으로 NOS 이해 양상을 탐색한 연구는 전무한 실정이다. 그러한 가운데, 2015 개정 교육과정 내에서 본격적으로 선택 교육과정에 들어선 고등학교 1학년 재학생의 일부는 진급하면서 과학 관련 과목을 선택하지 않는 등의 경우에는 다시는 과학 교과를 접하지 않을 수 있기에, 현시점에서 그들의 과학적 탐구에 대한 이해도를 점검하는 것은 교육적 의의가 있다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 2019학년도 일반 고등학교 1학년 학생들의 NOS 이해 양상을 조사하여, 과학적 탐구력 신장을 위한 교육적 시사점을 제공하고자 하였다. 궁극적으로 이 연구의 목표는 바람직한 과학적 탐구 역량 교육의 토대를 마련하는 데 이바지하는 것이다.

연구 방법

연구 참여자 및 맥락

이 연구에서는 서울 지역 일반계 공립 K고등학교 2019학년도 1학년 재학생 100명(남학생 62명, 여학생 48명)을 조사 대상으로 하였다. 동일 일반 고등학교에 재학 중인 연구 참여자를 모집한 것은 과학 교과의 교수학습 및 평가 내용의 공통성을 확보하기 위함이었다. 100명의 학생들은 K고등학교 1학년 재학생 중에서 본 연구 참여에 동의한 학생들이며, 그들에게 과학 교과를 가르친 교사들 역시 가까이 수업 및 평가 내용 등에 대한 정보를 제공하여 공통된 연구의 맥락을 구성하는데 도움을 주었다. K고등학교는 중학교 교육의 기초 위에 고등교육에 필요한 일반 교과 위주의 교육과정을 적용 중이며, 재학생 대부분은 대학 입학의 목표로 학업에 임하여 전국연합학력평가에서 전 과목 평균 수준의 성취를 보여 왔다. 본 연구의 조사가 시행된 시점은 2019년 12월 첫째 주로서 연구 참여 학생들은 2015 개정 교육과정 내 보통교과의 공통과목에 해당하는 통합과학과 과학탐구실험을 이수 중이었으며, 2학기 기말고사를 목전에 둔 상태로 대부분의 각 과목 교수학습 과정이 거의 완료된 상태였다.

연구 참여 학생들에게 통합과학과 과학탐구실험을 가르친 교사는 2명으로서, 통합과학의 총 9개 단원 중에서 생물학 내용 3개 단원에 대해서는 생물교육 전공의 교사 1명이, 나머지 6개 단원과 과학탐구실험 과목은 화학교육 전공의 교사 1명이 담당하여 교수하였다. 모든 과학탐구실험 수업은 과학탐구실험 교과서 내 탐구 10가지 주제와 직간접적 관련성을 갖는 활동 위주로 적용하여 학생 개인별 혹은 조별로

이뤄졌으며(Table 1), A, B, C의 3단계 성취도 산출을 위해 각 학생이 작성한 보고서를 평가하거나, 탐구 결과물의 완성도, 창의성 등과 조별 활동 참여도에 대한 관찰 평가를 시행하였다. 또한, 통합과학 수업에서는 주로 내용 지식을 강의식으로 가르쳐 왔으며, 정기적으로 지필 및 수행평가를 하였다. 연구 참여 학생들이 수강한 통합과학 수업 내에서 학습자의 NOSI 이해를 학습 목표에 구체적으로 명시하거나 평가 대상에 포함한 경우 등, 수업 및 평가에서 NOSI 내용 요소와의 직접적인 관련성을 찾기 어려웠다.

조사 도구

연구 참여 학생들의 NOSI 이해의 양상을 조사하기 위해 국내 예비 생물교사를 대상으로 한 연구(e.g., Sung et al., 2016) 등에 적용된 바 있는 Lederman et al.(2014)의 VASI (View about Scientific Inquiry) 번역본을 사용하였다. 기존 번역본을 검토하여 마련한 VASI 문항에 대해 과학교육 전문가 3인과 고등학교 지구과학 교사 1인에게 내용타당도 점검을 의뢰하여, 특히 모든 문항의 난이도가 고등학생의 인지 수준에 비추어 적절한지 검사하고 그 결과를 따라 부분 수정의 과정을 거쳤다.

VASI는 8가지 NOSI 각 측면에 대해 과학적 맥락을 포함한 7개 개방형 질문으로 구성되며, 7개 문항 중 3개는 23개의 하위 질문을 포함하고 있다(Table 2). NOSI의 8가지 측면은 NSES (NRC, 2000), AAAS (1993), National Academy of Sciences (2002) 등에서 제시한 과학적 탐구에 대한 지식 관련 측면들과 과학자의 실행을 탐색한 연구들(e.g., Dunbar, 2001; Knorr-Cetina, 1999; Latour and Woolgar, 1979)이 기술한 과학적 탐구에 관한 설명을 그 준거

Table 1. 10 inquiries in the class of 'scientific inquiry and experimentation' in K high school

탐구 주제	활동 방식	출처
1. 패러다임의 전환을 가져온 실험 알아보기	조별 발표	교과서
2. 멘델레예프의 주기율표 만들기	개별 조사	교과서
3. 연역적 탐구 방법: 파스퇴르의 생물 속생설	개별 조사	교과서
4. 귀납적 탐구 방법: 중생대 말 대멸종의 원인, 다윈의 진화론 등	조별 발표	교과서
5. 놀이 기구에는 어떤 과학 원리가 숨어 있을까?	조별 제작	교과서
6. <월하정인> 속 달의 모습은 잘못 그려진 것일까?	개별 조사	교과서
7. 나무 블록 빼기 놀이에는 어떤 과학 원리가 있을까?	조별 발표	교과서
8. 트러스 구조를 적용한 다리 모형 제작하기	조별 제작	자체 구성
9. 지진으로부터 우리 학교 구하기	조별 발표	자체 구성
10. 신소재 개발 사례 조사하기	조별 발표	교과서

Table 2. VASI instrument(Gaigher et al., 2014, pp. 3145-3147 modified)

- 과학적 탐구의 본성에 대한 이해 검사 문항
1. 조류에 관심이 많던 어떤 사람이 다양한 종류의 먹이를 먹는 수백 가지의 새들을 보았습니다. 그는 비슷한 종류의 먹이를 먹는 새들이 비슷한 모양의 부리를 갖는다는 것을 알아냈습니다. 예를 들어, 딱딱한 껍질을 갖는 견과류를 먹는 새는 짧고 강한 부리를 갖고 있고, 곤충을 먹는 새는 길고 가느다란 부리를 갖고 있다는 것입니다. 그는 새의 부리 모양이 새가 먹는 음식의 종류와 관련이 있는지 궁금하여 자료를 수집하기 시작했습니다. 그 결과, 그는 부리 모양과 새가 먹는 음식의 종류 사이에 관계가 있다고 결론을 내렸습니다.
 - a. 이 사람의 연구가 과학적이라고 생각하나요? 그렇다면, 그 이유는 무엇이며, 그렇지 않다면, 그 이유는 무엇인가요?
 - b. 이 사람의 연구를 실험이라고 생각하나요? 그렇다면, 그 이유는 무엇이며, 그렇지 않다면, 그 이유는 무엇인가요?
 - c. 과학적 탐구는 한 가지 이상의 방법을 취할 수 있다고 생각하나요? 그렇다면, 서로 다른 방법을 따르는 두 가지 연구를 기술하고, 각각의 방법이 어떻게 다른지, 어떻게 여전히 과학적이라고 여겨질 수 있는지 설명해 주세요. 그렇지 않다면, 과학적 탐구를 수행할 때 유일한 방법만 가능하다고 생각하는 이유를 설명해 주세요.
 2. 과학적 연구는 항상 질문으로 시작해야 한다고 생각하나요? 이유와 함께 대답해 주세요.
 3. a. 몇몇 과학자들이 같은 질문을 제기한 후, 자료를 수집하기 위한 동일 과정을 거쳤을 때, 필연적으로 같은 결론에 도달하게 될까요? 이유와 함께 대답해 주세요.
 b. 과학자들이 같은 질문을 제기한 후, 자료를 수집하기 위해 서로 다른 과정을 거쳤을 때, 필연적으로 같은 결론에 도달하게 될까요? 이유와 함께 대답해 주세요.
 4. '자료'와 '증거'는 어떻게 다른지 설명해 주세요.
 5. 어느 날 A, B 두 그룹의 과학자들이 연구실을 향해 가던 중 타이어가 펑크 난 자동차가 주차된 것을 보았습니다. 과학자들은 모두 '특정 브랜드의 타이어가 펑크 나기 쉬운가?'라는 궁금증을 갖게 되었습니다. A 그룹의 과학자들은 실험실에서 같은 조건의 도로에서 다양한 브랜드를 갖는 타이어들을 시험해 보았습니다. B 그룹의 과학자들은 실험실에서 동일 브랜드의 타이어들을 세 종류의 도로 조건에서 시험해 보았습니다. 어느 그룹의 연구 과정이 더 나은 방법이라고 생각하시나요? 이유와 함께 대답해 주세요.
 6. 아래 표의 자료는 '1주일 동안 식물의 성장 길이(cm/주)'와 '1일 동안 햇빛이 비친 시간(분)' 사이의 관계를 보여주는 것입니다.

1일 동안 햇빛이 비친 시간(분)	1주일 동안 식물의 성장 길이(cm/주)
0	25
5	20
10	15
15	5
20	10
25	0

- 다음의 a, b, c 세 가지 설명 중에서 이 자료를 통해 얻을 수 있는 이론으로 알맞은 것은 어느 것인지 고른 후, 그 이유를 설명해 주세요.
- 1) 햇빛이 많이 비출수록 식물은 크게 자란다.
 - 2) 햇빛이 적게 비출수록 식물은 크게 자란다.
 - 3) 식물의 성장은 햇빛의 양과 무관하다.
7. 한 과학자 그룹이 화석이 된 공룡의 뼈를 발견했습니다. 아래 그림과 같은 두 가지 다른 방법으로 발견된 뼈들을 배열하여 공룡의 생김새를 추정하였습니다.
 - a. 많은 과학자가 그림 1의 뼈 배열이 옳다고 결정했다면 그 이유는 무엇일까요? 두 가지 이상의 이유를 설명해 주세요.
 - b. 위의 답변과 관련하여 과학자는 자신의 결론을 설명하기 위해 어떤 종류의 정보를 사용할까요?



그림 1



그림 2

로 하여 결정되었다. VASI는 경험적 연구들에 사용되어 K-16 발달 단계에 대해 적절한 NOSI 이해 검사 도구로서의 타당성이 입증된 바 있다(e.g., Baykara et al., 2018; Dudu, 2014; Dudu and Vhurumuku, 2011; Gaigher et al., 2014; Senler, 2015).

자료 수집 및 분석

연구 참여 학생들의 NOSI 이해를 조사하고자 본 연구자가 사전에 5분 정도 VASI에 관해 소개하였고, 30분가량 검사하였다. 지필 검사 이후에는 면담에 동의한 학생 85명 중에 응답 내용이 불확실하다고 판단된 20명 학생에게 직접 자신의 답변을 설명하도록

Table 3. Rubric for scoring the VASI (Gaigher et al., pp. 3133-3134 modified)

VASI #	전문적 관점	혼합적 관점	초보적 관점
1a, 1b, 1c	- 3가지 답변에 일관성 있을 때 1a: 그렇다. 자연 세계의 어떤 측면을 설명하고자 한다면 그 조사는 과학적일 수 있다. 1b: 아니다. 변수/검증 등을 다루거나 통제하지 않으므로 실험이라고 할 수 없다. 1c: 그렇다. 어떤 조사는 서로 다른 방법을 따를 수 있다. - 실험 또는 실험에 해당하지 않는 것에 관련된 각각의 적당한 예시를 들어 설명할 때	- 다음과 같은 3가지 오류 중에서 1개 이상 범하지 않을 때 - 1b: 실험이다. 또는, 1c: 보편적인 1가지 방법이 존재한다. 또는, 1c: 2가지 예가 모두 실험에 해당한다.	- 1c: 유일한 방법이 존재한다. 또는, 2가지 이상의 오류를 범할 때 예를 들면, 1b: 그렇다. 실험이다. 1c: 유사한 예를 제시할 때
2	- 질문을 제기하는 것은 어떤 조사가 시작되는 기초적인 이유이며, 원동력이다.	- 질문을 유용한 것으로 여기지만, 어떤 형식적 구조의 일부로 여긴다. - 조사가 먼저 시작된 후 나중에 질문이 제기될 수 있다.	- 어떤 조사는 가설로부터 출발해야 하며, 질문을 제기하는 것이 꼭 필요한 것은 아니다.
3a	- 인간이 수행하는 것이기 때문에 유사한 자료를 다르게 해석하도록 이끌어, 서로 다른 결론을 얻게 할 수 있다.	- 불완전한 실험 조건 때문에 서로 다른 결론을 얻게 된다.	- 유사한 과정을 거친다면, 같은 결론에 도달해야 한다.
3b	- 다른 과정은 다른 결과를 얻게 할 것이다.	- 다른 결과는 주로 다른 해석 때문에 나타난다.	- 과정에 상관없이 1가지 결과만 가능하다.
4	- 증거는 자료로부터 생성되어 주장이나 결론을 뒷받침한다.	- 증거와 자료의 다른 점에 대한 설명이 없거나, 불확실하거나, 틀린 경우	- 자료와 증거 사이에는 차이가 없다.
5	- A는 제안된 질문에 중점을 두어 다루었기 때문에 최선의 실험을 하였다. 또는, 두 실험 모두 적절하지 않은데, 이유는 특정 도로 조건에 최적화된 타이어는 다른 조건의 도로에서는 최악일 수 있기 때문이다.	- 타이어의 종류가 더 큰 영향을 미친다는 주장이나 설명을 하지 않은 채, A의 실험이 더 낫다고 판단할 때, 또는 타이어 보다 도로 상태가 더 큰 영향을 미친다고 설명하면서 B의 실험이 낫다고 판단할 때	- 비논리적인 설명과 함께, 또는 설명 없이 B의 실험이 낫다고 할 때
6	- 제시된 자료가 그러한 경향을 보이기 때문이라고 하면서 (b) 의견이 옳다고 할 때 단, 전체적 경향에서 벗어난 자료에 대한 사고를 드러낼 때	- (c) 의견이 옳다. 또는, 아무런 설명 없이 (b) 의견이 옳다고 할 때	- (a) 의견이 옳다. 또는, (c) 의견이 옳다고 하면서 그 이유를 설명하지 않거나, 논리적이지 않을 때
7a, 7b	- 3가지 적절한 아이디어를 제시할 때 예를 들어, 7a 관련 2가지 적절한 이유(더 큰 뒷부분 다리의 기능, 혹은 기존 공룡 모델과의 비교, 혹은 관절 맞추기 등)와 7b 관련 1가지 정보(공룡, 골격 구조, 관절에 대한 기존 지식 등)	- 2가지 적절한 아이디어만 제시할 때	- 1가지 적절한 아이디어만 표출할 때 - 전혀 관련성 없는 아이디어를 제시할 때

요구하여 연구 참여자 확인 과정을 거쳤다. 모든 검사와 면담은 K고등학교 점심시간에 학생들의 양해를 구하여 실시하였다.

VASI 응답 자료를 분석하기 위해 먼저 VASI 개발자인 Lederman et al.(2014)의 분석 예시를 숙지하였고, Gaigher et al.(2014)이 제시한 채점 기준(Table 3)을 적용하였다. 먼저, 학생들의 답변에 대해 채점 기준을 따라 초보적(naive), 혼합적(mixed), 전문적(informed) 이해 수준으로 구분하고자 전문적인 연구자 2명이 학생 개인별 VASI 응답 자료에 대해 반복적 비교법(Gall et al., 1996)을 적용하여 3회에 걸쳐 분석한 후, 각자의 분석 결과에 대해 평정자 간 신뢰도를 검사하였다. 이때, Cohen Kappa 값은 0.90으로서 거의 완벽한 일치도에 해당하였다. 이후, 두 평정자 사이에 의견의 불일치가 나타난 경우나 애매한

응답 내용에 대해 합의에 도달할 때까지 토의하였고, 그 결과를 반영하였다.

연구 결과

본 연구에 참여한 학생들의 NOSI 이해 정도를 VASI를 사용하여 검사한 결과를 요약하면 Table 4와 같다.

고등학생 100명은 8가지 NOSI 중에서 4가지 측면에 대해 60-75%의 비율로 혼합적 관점에 치우친 이해력을 보였으며, 나머지 4가지 중에서 가장 높은 비율, 즉 77%의 학생들이 전문적 관점을 소유한 측면은, ‘모든 과학자가 같은 과정을 수행한다 해도 같은 결론을 얻게 되는 것은 아니다.’로서, 이에 대해 초보적 관점을 소유한 학생은 0%로 나타났다. 또한,

Table 4. 100 10th graders' views about 8 aspects of NOSI

(N=100) (%)

NOSI		VASI #	전문적	혼합적	초보적	무응답
1.	과학적 탐구는 서로 다른 방법을 취할 수 있다.	1a, b, c	5	75	20	0
2.	모든 과학적 탐구는 질문을 제기하여 시작하지만, 반드시 가설을 시험하는 것은 아니다.	2	10	75	11	4
3.	모든 과학자가 같은 과정을 수행한다 해도 같은 결론을 얻게 되는 것은 아니다.	3a	77	20	0	3
4.	탐구 과정은 그 결과에 영향을 미칠 수 있다.	3b	30	60	7	3
5.	과학적 자료와 증거는 다르다.	4	25	65	5	5
6.	탐구 과정은 탐구 문제에 의해 안내된다.	5	67	15	15	3
7.	연구 결론은 수집된 자료에 모순되지 않아야 한다.	6	58	20	15	7
8.	수집된 자료와 이미 알려진 바를 종합하여 설명이 구축된다.	7a, 7b	10	17	65	8

67%의 학생들이 전문적 관점을 소유한 것으로 나타나 두 번째로 높은 이해력을 보인 측면은 ‘탐구 과정은 탐구 문제에 의해 안내된다.’로서, 이에 대해 혼합적이거나 초보적 관점을 보인 비율은 각각 15%로서 같았다. 가장 낮은 이해력을 보인 측면은 ‘수집된 자료와 이미 알려진 바를 종합하여 설명이 구축된다.’로서 65%의 학생들이 초보적 관점을 표출하였고, 전문적 관점을 소유한 학생은 10%에 불과하였다. 또한, 중학생 혹은 예비교사를 대상으로 VASI를 적용한 기존 국내의 연구의 결과와 유사하게, 본 연구에 참여한 대부분의 학생 역시 NOSI의 각 측면에 따라 서로 다른 수준의 이해력을 가진 것으로 파악되었지만, 5%에 해당하는 학생들은 8가지 NOSI 측면들에 대해 일관되게 가장 높은 수준의 이해력을 보였다. 이러한 전반적인 결과에 대해 각 NOSI 측면에 따른 응답 예시와 함께 좀 더 상세히 기술하면 다음과 같다.

과학적 탐구는 서로 다른 방법을 취할 수 있다.: VASI #1a, b, c

VASI #1은 새의 부리 모양과 먹이의 종류 사이의 관련성을 조사하는 탐구에 관련된 3개의 하위 질문으로 구성되었다. 이 문항에 제시된 맥락은 여러번 새들을 관찰하여 새부리의 모양이 그 먹이의 종류와 관계가 있다는 결론을 내리는 것으로, 변수를 다루거나 통제하지 않으므로 실험이 아니지만, 관찰, 자료 수집, 추론을 포함하므로 과학적 탐구에 해당한다. 첫 번째 하위 질문은 그 사례가 과학적인지 아닌지를 판단한 후에 그렇게 생각한 이유를 함께 작성하도록 하여, 응답자가 소유한 ‘과학적’의 의미를 파악하는 것이고, 두 번째 하위 질문은 제시된 탐구를 실험이라고 여기는지, 그리고 그렇게 판단한 이유는 무

엇인지 작성하도록 하여, 응답자의 실험 개념을 알아보고자 하였다. 마지막 세 번째 하위 질문은 응답자가 과학적 방법이 다양할 수 있다는 사실을 이해하여 그 예를 들어 설명할 수 있는지 질문하였다.

이러한 과학적 방법의 다양성 주제에 관해 전문적 관점을 소유한 학생들(5%)은 특히, 과학적 방법의 하나로서 실험이 만족해야 할 요건에 관해 명확한 설명을 구사하면서 문항에 제시된 사례를 실험인지 아닌지 판단하였으며, 과학자들이 다양한 방식으로 자연 현상을 관찰하는 것과 같이, 답을 얻길 원하는 질문에 따라 다른 탐구를 사용할 수 있다는 사실을 당연시하였고, 적절한 예시를 작성하였다. 그러한 답변의 예를 다음에서 확인할 수 있다.

(학생 #-문항 #: 20-1a) 과학적이라고 생각한다. 왜냐하면 질문을 가지고 자료를 수집하여 얻은 결론을 가지고 논리적으로 설명하기 때문이다.

(20-1b) 직접 가설을 세우고 조작을 하는 등 변수를 조절하지 않았으므로 실험이라고 볼 수 없다.

(20-1c) 17가지 이상의 방법을 취할 수 있다고 생각한다. 예를 들어, 구체적인 방법에서 차이가 나는 경우로서, 산, 염기를 구분하기 위한 연구를 한다면, 리트머스 종이를 사용하거나 지주색 양배추로 용액 지시약을 통해 구분할 수도 있지만, 이 2가지 연구는 이론에 부합하여 충분히 과학적이라고 간주될 수 있다. 또한, 과학자의 사고를 통해서도 과학적 결론이 도출 가능하므로 과학적 방법은 다양한데, 예를 들어 수식만으로도 이론을 증명할 수 있다.

(97-1a) 과학적인. 관찰을 바탕으로 자신만의 가설을 설정하였고, 가설이 맞는지 확인하기 위한 자료 수집의 단계를 거침.

(97-1b) 실험이 아님. 자료를 수집하여 비교분석만 하고 자료 정리가 곧 결과임. 실험이라고 하려면 관찰, 가설 설정, 실험 설계, 변수 제어, 평가 등이 필요함.

(97-1c) 하나의 결론에 도달하더라도 그 과정에서는 여러

방법이 동일됨. 또 분야에 따라 방법이 다르기도 한데, 전문학적 탐구는 화학 실험과는 크게 다름.

한편, 이 측면에 대해 혼합적 관점을 보인 학생들(75%) 대부분은 부정확한 실험 개념을 소유하거나, 탐구의 예를 들어 과학적 방법의 다양성을 설명하는데 취약했지만, 이 문항의 사례가 과학적이며, 과학적 방법이 유일하지 않다는 사실 자체는 잘 이해한 것으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면, 혼합적 관점을 소유한 학생 중에서 제시된 사례를 과학적이라고 여긴 학생들은 타당한 결론 도출, 관찰이나 자료 수집의 과정 포함, 자연 현상 관련 질문 등의 이유를 설명하였다. 이처럼 어느 정도 바람직한 과학 개념을 가진 이 학생들은 실험의 요건에 관해서는 제대로 설명하지 못하였고, 과학적 방법의 다양성을 당연시 하면서도 대부분 그 사례를 제시하지 않거나, 피상적 설명을 하여 모호한 경우가 많았다. 반면, 과학적이지 않다고 판단한 학생들은 단순한 관찰에 의한 자료 수집은 과학적인 것에 해당하지 않는다는 사고를 표출하였고, 이들이 소유한 실험 개념은 여러 가지로 나타났는데, 이 문항의 탐구 사례를 실험이라고 여겨 잘못된 판단을 한 학생들이 제시한 근거는 관찰 수행, 자료 수집, 많은 자료, 타당한 결론, 적절한 과정 등에 해당하였으며, 실험이 아니라고 답한 학생들은 이 사례는 발견에 해당한다거나, 단순히 관찰이나 자료 수집만으로는 실험이 될 수 없다고 하였고, 실험실 외부에서 수행했기 때문이라거나 관찰 시간이 충분하지 않아서 등으로 답한 학생이나 이유를 제시하지 않은 학생도 존재하였다.

(44-1a) 그렇다. 관찰을 해서 결론을 도출했기 때문이다.

(44-1b) 아니다. 화학실 처럼 실험실에서 하는 것이 실험이다.

(44-1c) 당연하다. 다양한 방법을 취할 수 있다고 생각한다. 과학은 한계가 없을 것 같기 때문이다.

(52-1a) 과학적이다. 자료를 바탕으로 상관관계를 도출하였다면 과학적 탐구를 했다고 볼 수 있다.

(52-1b) 실험이다. 자신이 생각하는 이론이 옳은지 틀린지 자료를 모아 검증했기 때문이다.

(52-1c) 17지 주제에 대하여도 다양한 연구방법이 사용되며, 과학자 개개인의 창의성에 따라 연구방법이 달라질 수 있다.

마지막으로, 초보적 관점을 보인 20%의 학생들은 전체적으로 과학적이란 수식어의 의미를 확대하여 해

석하기도 하고, 그 반대로 지나치게 편협하거나 부정확한 개념을 소유하였으며, 제시된 사례를 실험이라 여기면서도 가설 설정, 변수 제어, 검증 등 실험의 요건을 전혀 언급하지 않아 실험 개념이 부재함을 드러내었고, 과학적 탐구 방법은 유일하다는 이해 양상도 보였다. 그러한 답변의 예를 다음에서 확인할 수 있다.

(4-1a) 과학적이다. 한 두 마리의 연구 결과가 아닌 여러 새의 자료를 모아 결론을 냈기 때문이다.

(4-1b) 그렇다. 결론이 맞기 때문이다.

(4-1c) 여러 가지 방법이 있을 수 있다고 생각한다. 우리가 아직 발견하지 못 한 방법은 후세가 발견할 수 있기 때문이다.

(81-1a) 과학적이지 않다. 과학이 반드시 거쳐야 할 과정이 몇 가지 빠져 있다.

(81-1b) 실험이라고 생각하지 않는다. 왜냐면 새를 두고 오랫동안 관찰하지 않았기 때문이다.

(81-1c) 아니다. 한 가지 탐구 방법으로 한 가지 결론을 내리기 때문에. 예는 잘 모름.

과학자들이 연구 문제에 따라 여러 종류의 탐구 방법을 적용하므로, 타당한 지식을 생성하기 위한 과학적 방법이 다양하다는 주제는 과학 인식론의 내용으로 흔히 거론되는 요소이다(NRC, 2000). 하지만 학생들이 소유한 대표적 오개념의 하나가 ‘과학을 하는 방법이 유일하다.’라는 인식이라는 것 역시 지속해서 언급되어 온 주지의 사실이다(Lederman and Lederman, 2014). 과학자의 실행에 공통으로 적용되는 단 하나의 과학적 방법 관련 인식은 Bacon의 귀납법이 확실한 지식을 얻는 방법으로 인정받으며 형성된 것으로(Chen, 2006), 이러한 보편적이고 절대적인 과학적 방법이 존재한다는 견해는 구시대적이라고 할 수 있다.

그러한 가운데, 본 연구 참여한 많은 학생이 과학적 방법의 다양성 주제에 관해서는 실증주의에 반하는 현대적 과학 인식론에 근접한 사고 양상을 보인 결과는 상당히 고무적이라고 판단된다. 하지만 실증주의에 반대되는 현대적 과학 인식론을 드러낸 학생들의 60% 정도가 소유한 실험 개념은 매우 낮은 수준에 머물러 있다는 사실이 확인되었다. 가설 설정, 실험 설계, 변인 통제 및 조작, 가설 검증 등으로 설명되는 실험의 세부적 요건이나 그 절차, 지식의 정당화 과정에서 실험의 역할 등에 관련된 학생들의

이해를 더욱 발전시켜야 할 필요성이 제기되는 부분이다.

모든 과학적 탐구는 질문을 제기하여 시작하지만, 반드시 가설을 시험하는 것은 아니다.: VASI #2

VASI #2에서는 과학적 탐구가 반드시 질문을 제기하여 시작된다는 사실에 동의하는지와 그 이유를 질문하였다. 새로운 과학 지식을 형성하고, 이미 확립된 과학 지식의 진위나 타당성을 검증하는 과학적 탐구에는 객관성과 합리성을 보장하기 위한 논리적 과정이 존재한다. 그러한 논리적 과정에서 호기심은 질문을 형성하는 밑거름이 될 수 있지만, 과학적 질문을 결정하는 것은 탐구에 필수적이며, 그 방법 역시 그 질문에 의존할 수 있다. 이에 학생들이 문제 자체를 발견하여 그 질문을 과학적으로 형성하는 능력을 배양하는 것은 과학적 탐구력 신장을 위해 중요하게 다뤄져야 한다. 이같은 과학적 탐구에 있어서 출발점 질문의 필요성에 관해 전문적 관점을 소유한 학생들은(10%) 논리적인 이유와 함께 과학적 탐구에서 질문이 필수적이라고 작성하였다. 그러한 답변의 예를 다음에서 확인할 수 있다.

(66-2) 과학적 탐구는 질문에 대한 답을 찾는 과정이므로 질문이 꼭 필요하다. 그에 따라 방법이 결정될 수 있다고 본다.

(87-2) 과학이 발달하여 기존 지식에 의문점이 생기는 경우에도 그에 합당한 문제 제기가 중요하고도 필수적인 요소이다.

(97-2) 일상적 호기심이 논리적, 과학적 탐구의 목표, 즉 질문을 형성하게 되는데, 따라서 질문이 과학적 탐구의 시작점임.

한편, 이 측면에 대해 혼합적 이해력을 보인 학생들(75%)은 과학적 탐구에는 질문이 존재한다는 사실을 인정하면서도 단순하거나 일상적이면서도 다양한 측면의 호기심이 탐구의 원동력이라고 여기거나, 질문이 과학적인지 아닌지가 더 중요하다는 기준을 적용하여 그 필요성을 판단하였고, 질문이 꼭 필요한 것은 아니라고 답한 학생 중에는 역사적으로 이미 존재하는 질문에 의한 과학적 탐구를 떠올리면서 새로운 질문이 필요하지 않은 예도 있기 때문이라고 답하거나, 관찰이나 자료를 수집하는 중에 질문이 생성된다는 방식의 사고 양상도 나타났다. 이같이 혼합적 관점으로 분석된 응답의 예는 다음과 같다.

(35-2) 질문이 무엇인지 모르겠지만 자연을 관찰하다보면 여러 '왜'라는 물음이 탐구를 일으킨다.

(40-2) 연구 중에 질문이 생겨나는 경우가 더 많을 것 같다.

(88-2) 박병 이전처럼 옛날 지식 중에는 틀린 것이 있기 때문에 새로운 질문이 아닌 이상, 질문은 필요하지 않을 듯함.

반면에, 11%의 학생들은 과학적 탐구를 위해 질문 형성이 필수적이지 않거나, 질문보다는 관찰이 선행된다거나, 질문이 있고 없거나 결과도 중요하다고거나, 호기심과 탐구 질문을 동일시하였으며, 분명한 응답을 회피하여 자신이 선택한 답변에 대해 근거를 제시하지 못하는 등 초보적 관점을 소유한 것으로 나타났다. 그러한 답변의 예를 다음에서 확인할 수 있다.

(7-2) 아니요. 관찰하다보면 연구가 시작되므로 질문이 필수적인 것은 아니라고 생각합니다.

(11-2) 과학의 발달이나 필요에는 질문이 필요 없다.

(50-2) 질문은 필수적이지 않다. 질문이 없어도 결과가 나올 수 있고 그것이 중요하다.

(80-2) ? 호기심도 질문에 해당.

모든 과학자가 같은 과정을 수행한다 해도 같은 결론을 얻게 되는 것은 아니다.: VASI #3a

VASI #3a에서는 과학자들이 같은 질문을 제기한 후, 자료를 수집하기 위해 같은 과정을 거쳤을 때, 필연적으로 같은 결론에 도달하게 된다고 생각하는지와 그렇게 생각한 이유를 함께 적도록 하였다. 과학자가 같은 질문에 대해 같은 과정을 거치더라도 다른 결론에 이를 수 있는 것은 과학자들의 이론적인 개념 틀과 과학자가 무엇을 증거로 간주하는지, 다양한 자료를 어떻게 다루는지 등에 의하여 결론이 도출되기 때문이다. 이러한 과학적 자료는 다양한 방식으로 해석 가능하며 과학자들이 같은 자료에 대해 다른 해석을 정당하게 끌어낼 수 있다는 사실에 관해 77%의 학생들이 전문적 관점을 소유하였다. 이는 학생 대부분이 가장 높은 수준의 이해력을 보인 측면으로서, 특히 초보적 관점을 드러낸 학생이 한 명도 없었다는 사실은 주목할 만하였다. 먼저, 전문적 관점을 보인 대부분 학생은 다음과 같이 응답하였다.

(5-3a) 아니다. 과학도 결국 인간이 하는 일. 연구 목표에 따라 주관이 개입할 수 있으므로 결론은 다를 수 있다.

(20-3a) 아니요. 어떤 지식을 적용하여 결론을 내느냐에 따라 다르고, 더 중요한 것은 모든 탐구 결과가 완벽한 정답일 수 없다고 생각합니다.

(99-3a) 아니요. 사람은 생각하는게 서로 다 다르기 때문입니다.

(100-3a) 아니요. 같은 결론에 도달할 가능성도 크지만, 패러다임이 전환되거나 다르면 바뀔 수 있다고 배웠습니다.

위의 응답 예시에서 볼 수 있듯이, 학생 1명은 자신이 배운 내용 중에서 패러다임 전환을 언급하여 자신의 판단 근거를 제시하였다. 패러다임 전환 주제는 2015 개정 교육과정에서 새로 개설된 과학탐구실험 과목의 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’에서 핵심개념으로 NOS를 교수학습할 때 포함된 내용 요소로서, 이 단원 관련 성취 기준의 하나는 “과학사에서 패러다임의 전환을 가져온 결정적 실험을 따라 해 보고, 과학의 발전 과정에 관해 설명할 수 있다.”(MOE, 2015, p. 116)이며, 본 연구 참여 고등학생들은 역사적 탐구를 고찰하는 가운데 패러다임의 정의와 패러다임 전환을 가져온 탐구에 대해 조사하여 발표를 한 경험을 소유하였다. 한편, VASI를 사용하여 국내 예비교사들의 NOSI 인식을 조사한 Sung et al. (2016)은 연구 참여자들이 과학적 결론 도출 과정에 영향을 미치는 요인으로 과학자의 주관적 견해를 전혀 고려하지 않았다고 보고하였다. 이에 본 연구에 참여한 일반 고등학생들이 자료 해석과 결론 도출에 영향을 미치는 요인으로 과학자의 주관을 명시하거나, 과학적 실행에 내재하는 인간적인 측면을 고려한 것은 긍정적 결과라고 판단하였다.

이 측면, 즉 자료 해석의 다양성 주제에 관해 혼합적 관점을 드러낸 학생들(20%)은 대부분 같은 절차를 거치더라도 다른 결론이 도출 가능하다는 사실은 인정했지만, 그 이유가 전문적 수준에 미치지 못하였다. 그러한 답변의 예는 다음과 같다.

(11-3a) 아님. 연구 도중 결과의 오차범위가 있을 수 있기 때문임

(30-3a) 그렇지 않다. 잘못된 자료일 수 있다.

(88-3a) 빅뱅 이후 우주에 대해서도 다른 이론들이 나온 것을 보아 동일 과정을 거쳤어도 그 과정에서 오차나 다른 요소들의 차이로 필연적으로 같은 결론에 도달할 수는 없을 것임.

위의 응답은 자료로부터 결론에 이르는 과정에 존재하는 자료 해석 단계를 미처 생각하지 못한 결과이거나, 자료상에 오차 등이 없다면 하나의 결론을 내릴 수 있다는 사고가 반영된 것이므로, 유일하고 절대적인 지식을 염두에 두는 과학에 대한 실증주의

적 인식에 기반을 둔 것으로 판단할 수 있다.

탐구 과정은 그 결과에 영향을 미칠 수 있다.: VASI #3b

VASI #3b에서는 과학자들이 같은 질문에 관한 자료를 수집하기 위해 서로 다른 과정을 거쳤을 때, 필연적으로 같은 결론에 도달한다는 데 동의하는지와 그 이유를 질문하였다. 과학의 역사에서 기술적인 발전이 과학자들의 활동과 연구 결과 및 지식 생성에 영향을 끼쳐 온 것처럼, 탐구 과정 내 변수 조작, 자료 수집 및 변수 측정, 분석 등은 연구자가 도출한 결론에 영향을 미친다. 이와 관련하여, NGSS (NGSS Lead States, 2013)에서는 학생들이 자료를 해석하고 분석하는 것뿐만 아니라, 다양한 방법적 측면을 통해 생성된 서로 다른 자료에 의한 결과를 비교할 수 있어야 한다고 강조하였다. 즉, 학생들은 과학 탐구를 위해 선택된 방법, 특정 절차, 수집된 자료 그리고 이로 인한 결론 도출 등, 그 과정 사이의 논리적인 연결에 대해 이해하여, 탐구 과정이 그 산출물에 영향을 미친다는 사실을 인식해야 한다.

이 문항에 대한 응답을 분석한 결과 30%의 학생들이 전문적 관점을 표출하였는데, 그러한 답변의 예를 다음에서 확인할 수 있다.

(2-3b) 아니다. 과정이 다르면 결과나 결론은 다를 수 있다.

(97-3b) 아님. 같은 질문이지만 자료수집 과정에서 다른 과정을 거쳤기 때문.

이 측면에 대해 전문적 관점을 소유한 것으로 파악된 학생들의 비율(30%)은 VASI #3a, 즉 자료 해석의 다양성에 대한 이해를 조사한 문항의 전문적 관점 비율(77%)에 못 미치는 결과로서, 이 문항에 대해 혼합적 관점을 가진 학생들(60%)의 다음과 같은 답변에서 그 이유를 찾을 수 있다.

(7-3b) 그럴수도 있고, 그렇지 않을 수도 있다. 방법이 틀리지 않다면 같은 결론에 도달할 것이다.

(33-3b) 반반이다. 앞 문제처럼, 자료를 해석하는 과정이 맞는지 가 것이 더 결과 결정에 영향이 크다고 본다.

혼합적 관점을 보인 학생들은 과학적 탐구에서 서로 다른 과정이나 방법을 따르더라도 과학자의 해석이나 방법상의 오류 여부에 따라 같거나 다른 결과를 얻을 수 있다고 인식하였다. 이는 과학적 탐구 과

정이 다를 때 발생할 수 있는 자료의 차이가 결론에 영향을 미친다는 생각에 이르지 못한 결과이거나, 과학은 옳고 그름이 분명하다는 이해 양상이 나타난 것으로 판단할 수 있다.

다음으로, 초보적 관점을 소유한 학생들(7%)은 과학이 결국 정답이나 절대적 지식을 창출한다는 실증주의에 치우친 사고를 하여, 과학의 절차가 달라도 1가지 같은 지식에 이를 수 있다는 사고를 하였다. 그러한 답변의 예는 다음과 같다.

(8-3b) 그렇다. 다른 과정이어도 찾다찾다 보면 결국 같은 결론이 나올 것이라고 생각한다.

(89-3b) 같은 결론에 도달할 것 같다. 서로 과정은 다르더라도 과학 원리는 하나로 통하기 때문에 결과가 같을 것 같다.

종합하여 볼 때, 많은 학생이 과학적 탐구에 포함되는 과정이나 단계에 대한 이해가 제한적이어서, 탐구 과정과 결론 도출 사이의 논리적 상관관계에 대한 이해가 부족한 것으로 나타났다.

과학적 자료와 증거는 다르다.: VASI #4

VASI #4에서는 과학적 자료와 증거의 차이점이 무엇인지 설명하도록 요구하였다. 자료는 탐구 과정에서 과학자가 모은 관찰 결과로서, 수, 기술, 사진, 소리, 물리적 표본 등의 다양한 형태로 제시될 수 있다. 반면에, 증거는 자료의 분석과 해석 과정을 통해 도출되며, 특정 질문 및 그에 관한 주장과 밀접한 관련성을 갖는다. 결국, 과학적 탐구에서 자료와 증거는 서로 다른 목적을 갖는다고 할 수 있다. 따라서 학생들은 자료와 증거를 구별할 수 있어야 하며, 어떻게 자료 해석이 편견을 불러일으킬 수 있는 잠재적 근원이 되는지 설명할 수 있어야 한다(Lederman and Lederman, 2014). 특히, 자료와 증거의 구분에 대한 이해는 과학 소양인이 갖춰야 할 역량의 하나로 PISA 과학 소양 평가 지침에 제시된 바 있는데(OECD, 2017), 과학적 탐구를 평가하고 설계하는 역량과 함께, 과학 지식이 어떻게 생성되어 어느 정도의 신뢰를 구축하는가에 관련된 것으로 간주하였다.

이 측면에 대해 전문적 관점을 표출한 학생들(25%)은 자료와 증거가 서로 다르다는 사실을 분명하게 인식한 상태로 아래 답변 예시에서 볼 수 있듯이, 자료로부터 증거가 획득되는 과정은 물론, 증거와 지식적 주장이나 연구 결론 사이의 관련성을 언

급하여 자료와 증거의 차이를 명확하게 설명하였다.

(5-4) 자료와 증거는 다른데, 자료는 수집된 것이고 증거는 과학자가 여러 지식을 종합하여 분석, 해석한 것으로 지식이나 제기한 문제에 대한 결론이 옳은지 아닌지 증명하는데 사용된다.

(32-4) 자료를 과학자가 해석하여 사실을 증명하기 위해 증거화 한다.

(42-4) 자료는 수집한 재료이고 그 중에서 근거로 사용되는 것이 증거이다.

(55-4) 자료는 그저 관찰한 것을 모아 놓은 집단이고 증거는 한 명제가 사실임을 증명하는 과학자가 분석한 자료의 모음이다.

한편, 혼합적 관점을 소유한 학생들(65%)은 자료와 증거 사이에 어떤 차이점이 있는지 논리적으로 설명하지 못하였지만, 서로 다르다는 사실은 알고 있었는데, 단순한 양적 포함 관계를 통해 자료와 증거의 다른 점을 기술하거나, 다르다고 생각한 이유를 설명하지 못하였다. 그러한 답변의 예를 다음에서 확인할 수 있다.

(10-4) 다른 건 알겠는데 설명하기 어려움.

(33-4) 자료가 증거보다 그 수가 많다.

(88-4) 증거 < 자료

반면에, 5%의 학생들은 자료와 증거를 동일시하거나 객관적인 사실이기 때문에 차이가 없다고 하여 초보적 관점을 소유한 것으로 분류되었다. 그러한 답변의 예는 다음과 같다.

(6-4) 정확한 증거가 자료보다 사실에만 근거하여 객관적이다.

(80-4) 자료가 곧 증거. 자료도 확실한 내용을 쌓아 놓은 것이고 이를 증거라고 부르기 때문

결과적으로, 90%의 학생들이 자료와 증거가 다르다는 사실 자체는 인식하였지만, 여러 학생은 어떤 차이점을 갖는지를 설명하지 못하였다. 특히, 증거가 자료에 포함된다는 방식의 단순한 포함 관계로 표현하거나, 증거의 확실성을 언급하면서 증거는 결론을 증명하는 자료의 일부이므로, 더 객관적이라고 이해한 상태였고, 탐구 내에서 증거 생성 과정, 즉 과학자가 수집한 자료에 대한 분석 및 해석의 결과로 증거를 획득한다는 이해를 소유한 학생들은 소수였다.

탐구 과정은 탐구 문제에 의해 안내된다.: VASI #5

과학자들은 같은 질문에 대한 답을 찾기 위해 다른 과정을 설계할 수 있다. 이때, 연구 문제와 연구 방법 사이에는 일관성이 있어야 하며, 탐구 방법은 제기된 질문에 적절해야 한다. 즉, 탐구 문제는 그 과정을 안내하므로, 탐구 과정에는 제기된 문제가 반영된다. 이러한 탐구 문제에 따른 탐구 설계 혹은 방법의 선택은 ‘과학적 탐구를 평가하고 설계하는 역량’(OECD, 2017)과 밀접한 관련성을 갖는 것으로서, 이 측면의 이해를 배양하는 것은 학생들의 문제 인식과 탐구 설계 및 수행의 기능을 기르기 위해 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 NOSI 측면에 대한 학생들의 이해를 검사하고자, VASI #5에서는 같은 문제에 대해 서로 다른 탐구를 설계한 2개 그룹 중에서 어느 그룹의 방법이 더 나은지 판단하고 그렇게 생각한 이유를 함께 작성하도록 요구하였다.

이 측면에 대해 67%에 해당하는 학생들이 전문적 관점을 가지고 있었다. 아래 답변 예시에서 볼 수 있듯이, 전문적 이해 수준을 보인 학생들은 VASI #5에 제시된 탐구 문제에 관련된 더 적합한 탐구 설계를 선택하였고, 탐구 문제를 반영하여 설계된 실험을 더 나은 탐구 방법으로 이해하였다. 그러한 답변의 예는 다음과 같다.

(20-5) A그룹. 질문의 요점을 생각하면 A그룹이다. 다른 변수는 고정시키고 타이어만 바꿔가며 실험해야 한다.

(97-5) 문제는 어떤 브랜드 타이어가 펑크 나기 쉬운가? 이므로 따라서 이에 대해 더 정확한 답은 A 그룹 실험에서 나올 수 있다고 생각함.

(98-5) A 그룹의 과학자들이 특정 브랜드와 다른 브랜드를 동일한 조건에서 비교하였기 때문에 A 그룹의 연구 과정이 더 나은 방법이라 생각한다.

한편, 이 측면에 대해 혼합적 관점을 드러낸 학생들(15%)은 탐구 문제에 더 적합한 실험을 잘 못 선택하거나, 그 선택의 이유를 작성하지 않거나, 나름대로 예측 가능한 연구 결과를 제시하면서 더 나은 탐구 설계를 선택 혹은 제시하였다. 그러한 답변의 예를 다음에서 확인할 수 있다.

(4-5) B 그룹이 더 나은 것 같다. 다양한 장단점을 알 수 있기 때문이다.

(17-5) B. 어쨌든 특정 브랜드의 바퀴는 3도로 중에서 한 번은 터질 것이기 때문에 그 브랜드 자체가 문제가 있다는 것

을 알 수 있다.

마지막으로, 초보적 관점을 보인 학생들(15%)은 모두 B 그룹의 실험 설계를 선호하여 잘못된 선택을 하면서, 이유를 설명하지 않거나 부적절한 이유를 제시하였다.

(8-5) B 그룹이 더 나은 듯.

(89-5) B. 도로 상태가 더 영향이 크지 않을까?

연구 결론은 수집된 자료에 모순되지 않아야 한다.: VASI #6

VASI #6에서는 광합성에 관련된 실험 자료를 제시한 후에 그에 적합한 결론을 고르고, 그 이유를 설명하도록 요구하여 연구의 결론이 수집된 자료에 부합해야 한다는 측면을 이해하는지 검사하였다. 이 문항에 대해 옳은 답을 선택하려면 ‘일조량과 식물의 성장’에 관련된 상식적 지식에서 벗어나는 자료에 대해 고민하여, 전체적 경향에서 벗어난 자료가 있음에도 불구하고, 주어진 자료에 충실한 결론을 선택해야 한다.

과학적 탐구에서 논리적으로 도출된 결론이란 수집된 자료에 기반을 두는 것이므로, 결론은 수집된 자료에 부합해야 한다. 즉, 과학적 연구의 결론은 수집된 자료로부터 나온 증거에 의해 정당화 되어야 한다(Lederman et al., 2014). 따라서 과학자의 주장은 그것을 지지하는 증거의 우위에 따라 그 힘의 발휘 정도가 달라지게 된다. 이는 어떤 주장의 타당성이 연구 질문에 따른 연구 방법의 일관성에 의해 더욱 강화된다는 사실에 연결되므로 학생들의 과학 탐구력 신장은 물론, 과학 기반 사회적 쟁점 관련 의사결정 능력의 배양을 위해서도 중요하게 다뤄져야 한다.

이 측면에 대해 전문적 이해를 소유한 학생들(58%)은 대부분 다음과 같은 이유를 들어 VASI #6에 제시된 선택항 중에서 정답을 고른 것으로 나타났다. 주어진 실험 결과를 보면서 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 결론을 판단하기보다는, 자료에 일관되게 결론을 내리고자 하였다. 그에 더하여 1명 학생은 자신이 참여했던 실험 수업 시간에 배운 내용을 떠올려 자료에 부합하는 결론을 선택하였다.

(45-6) b. 1일 동안 햇빛이 비친 시간이 0일 때 성장 길이가 가장 길었기 때문이다. 단, 잘못된 데이터는 무시하였다.

(60-6) b. 표를 보니 대체로 그렇다.

(66-6) b. 표에 나와 있듯이 햇빛을 적게 비추었다니 식물이 더 크게 자랐기 때문이다.

(100-6) b. 과탐 시간에 선생님께서 어떤 추이를 그래프로 그릴 때는 각 데이터를 만족하는 최선의 직선을 찾으라고 하셨습니다. 이 데이터를 그래도 잘 만족하는 것은 b입니다.

한편, 이 측면에 대해 혼합적 관점을 드러낸 학생들(20%)은 전체적 경향에서 벗어난 예외적 자료를 고려하여 잘못된 선택항을 고르거나, 답 선택의 이유를 제시하지 않았다.

(13-6) c. 표를 보니 전혀 둘의 연관성이 없기 때문이다.

(49-6) c. 최선의 답

마찬가지로, 초보적 관점을 보인 학생들(15%)은 있는 그대로의 자료를 해석하기보다는 자신의 기존 지식을 적용하여 예측 가능한 답을 선택하거나, 자료를 잘못 해석하였다.

(8-6) c. 식물은 물만 있어도 자랄 수 있다고 들은 것 같다.

(67-6) c. 어느 정도까지는 햇빛의 양에 비례하지만, 그 이후에는 무관하다.

(93-6) a. 관찰 시간을 늘리면 a의 결론이 나올 것이다.

수집된 자료와 이미 알려진 바를 종합하여 설명이 구축된다.: VASI #7a, b

과학자들은 현재 받아들여지고 있는 과학적 원리를 사용하거나, 이와 일치하도록 설명하여 자연 현상에 대한 관찰 결과를 이해하고자 노력한다(AAAS, 1990). 따라서 과학적 탐구는 경험적 자료로부터 파생된 현재의 지식이나 결론에 기반을 두며, 이전 탐구나 이미 수용된 과학 지식으로부터 정보를 받는다. 또한, 잘 정립된 결론이 기존 과학 지식과 다르거나, 이전 이론보다 자연 현상에 대한 설명력이 더 큰 상황을 인식한다면, 과학자들은 이미 알려진 바를 종합하여 그러한 결과가 어떻게 해석되어야 하는지 결정하게 된다. 이러한 NOSI에 대한 이해를 검사하고자 VASI #7a, b에서는 먼저, 고생물학자들이 발견된 공룡의 뼈로부터 도출 가능한 뼈 배열 그림 2가지를 보여준 다음, 과학자들이 더 적절한 것으로 1가지 골격 형태를 선정한 이유 2가지를 적도록 하였고, 이후 과학자들이 결론을 설명하기 위해 어떤 정보를 사용할 것인지 질문하였다.

이 문항의 응답을 분석한 결과, 10%에 해당하는 학생들의 답변만이 전문적 관점에 해당하였고, 65%의 학생들이 초보적 관점을 소유한 것으로 나타나, 다른 7가지 NOSI 측면들과 비교해 초보적 관점을 보인 학생이 가장 많았다. 먼저, 이 측면에 대해 전문적 수준의 이해를 보인 학생들의 답변 예는 다음과 같다.

(20-7a) 그림 1의 뼈 배열이 옳은 것은 일단 다윈의 진화론에 따르면 앞다리가 퇴화하는 쪽이 더 생존에 적합하기 때문이다.

(20-7b) 다른 연구자들이 추론한 비슷한 공룡(수각류)의 뼈 배열과 비교해 보고, 그림 1의 배열이 적합한지에 대한 증거를 수집하거나 자연이 안정을 추구한다는 원리에 입각하여 골격의 안정성을 비교해 본다.

(97-7a) 몸체에 비해 긴 꼬리는 보통 균형을 잡기 위해 발달하는 만큼 2족 보행에 적합함. 대퇴골 골반을 비교하면 골반에 적합하게 끼워지는 뼈는 보다 두터운 뼈일 것이므로 그림 1이 관찰은 것이라고 생각할 수 있음. 현재의 4족 보행 동물들을 봐도 뒷다리를 잘 활용하고 그 만큼 발달되어 있음. 그런 면에서 그림 2는 정합적이지 못함.

(97-7b) 첫째 공룡의 뼈뿐 아니라 여러 동물들의 뼈에 대한 골격학적 지식이 필요 둘째 2족 보행과 4족 보행하는 동물들의 앞, 뒷다리 뼈의 크기를 비교한 자료를 이용 셋째 공룡 이외에도 2족 보행과 4족 보행하는 동물들의 꼬리 뼈에 대해 조사

한편, 혼합적 관점을 소유한 학생들은 다음의 답변과 같이, VASI #7a에 대한 답변에서는 주로 강한 뒷다리, 균형 등을 언급하였고, VASI #7b에 대해서는 특정 이론이나 지식을 연관 짓기보다는, 정확한 정보나 더 많은 자료 등이 과학자들의 과학적 설명 구축을 위해 필요하다고 답하였다. 또한, VASI #7b의 답변을 작성하지 않거나 적절한 답변의 수가 3가지에 이르지 않은 경우도 여럿 발견되었다.

(11-7a) 뒷다리가 앞다리보다 얇게 된다면 이 공룡은 무게 중심이 뒤로 쏠려서 계속 넘어지게 될 것이다. 대부분 공룡 앞 발이 뒷발보다 짧다. 뒷다리가 배쪽 뼈부터 나오는 경우는 거의 없다.

(11-7b) 신뢰성 있고 정확한 종류의 과학 지식을 사용할 것이다.

(54-7a) 그림2: 뒷다리는 저 큰 덩치를 감당하지 못 하고.

(54-7b) 공룡 화석 자료를 사용한다.

이 측면에 대해 초보적 수준의 이해를 보인 학생들의 답변은 아래 예에서 크게 벗어나지 않았는데, 이미 다양한 매체를 통해 알려진 공룡의 생김새에 관한 지식을 적용하였고, 실제로 과학자들이 멸종된 공룡의 골격을 설명하고자 사용할 법한 과학적 정보에 관한 언급은 찾기 어려웠다.

(1-7a) 그림2의 뒷다리론 정상적인 생활이 불가능하기에

(1-7b) 공룡이 살았던 시대에 발과 손을 각각 어떤 용도로 사용했는지에 대한 정보가 나와 있는 자료를 사용한다.

(77-7a) 자료 수집을 한 결과 그림1의 공룡이 있었기 때문

(77-7b) 개구리, 캥거루

결과적으로, 학생들이 VASI #7a, b의 답변으로 구체적이고 잘 조직된 과학적 근거나 정보를 제시한 경우는 드물었으며, 대부분 학생은 과학자들이 연구 결과를 토대로 설명을 구성하여 이론을 정립하는 과정에 대한 이해가 부족한 상태에 머물러 있었다.

결론 및 제언

일반 고등학교 2019학년도 1학년 재학생 100명의 NOSI 이해 양상을 탐색하고자 VASI로 조사한 후, 그 응답 자료를 분석한 결과를 종합하면, 8가지 NOSI 측면 중에서 4가지에 대해서는 혼합적 관점이, 3가지에 대해서는 전문적 관점이, 나머지 1가지에 대해서는 초보적 관점이 우세하여 각 내용 요소에 관한 고른 이해의 발달을 위해 교육적 노력이 필요한 것으로 나타났다. 가장 높은 수준의 이해력, 즉 전문적 관점에 속한 학생들이 높은 비율을 차지한 NOSI 측면들은 ‘모든 과학자가 같은 과정을 수행한다 해도 같은 결론을 얻게 되는 것은 아니다.’, ‘탐구 과정은 탐구 문제에 의해 안내된다.’, ‘연구 결론은 수집된 자료에 모순되지 않아야 한다.’로서, 각 측면에 대한 혼합적 관점 비율과 비교할 때, 전문적 관점 비율이 모두 3배가량 높았다. 반면에, 가장 낮은 이해력, 즉 초보적 관점에 속한 학생들이 가장 큰 비율을 차지한 NOSI 측면은 ‘수집된 자료와 이미 알려진 바를 종합하여 설명이 구축된다.’에 해당하였다.

본 연구의 결과에서 주목해야 할 것들은 먼저, 전체 100명의 학생 중 5%에 해당하는 학생들이 NOSI 전체 측면에 대해 일관되게 전문적 관점을 소유한 것으로 파악된 점이다. VASI 전체 문항에 대한 그들

의 답변에서는 애매하거나 부적절한 탐구 관련 이해를 찾기 어려웠다. 하지만 VASI #1의 응답 자료 분석 결과에서 확인된 바와 같이, 많은 학생(75%)이 ‘과학적’이란 무엇을 의미하는지, 혹은 과학적 탐구는 서로 다른 방법을 취할 수 있는지 묻는 말에 대해 비교적 논리적으로 답하였음에도, 95%의 학생들이 소유한 실험 개념은 매우 제한적이어서, 실험의 일반적인 절차나 단계를 알지 못하였고, 자료 수집이나 관찰만으로도 실험이 된다는 방식의 사고를 하였으며, 특히 실험 과정에 존재하는 변인 통제와 검증 등에 관련된 아이디어가 부재하였다. 또한, 학생들은 실험 또는 실험에 해당하지 않는 적당한 예시를 들어 설명한 답변 수가 부족하였다. 과학의 과정을 전혀 고려하지 않아 초보적 관점에 속한 답변을 작성한 학생들(20%)은 과학적 탐구 결과의 진위만이 중요하다고 여기거나, 과학이 만능이며 절대적이라는 실증주의적 과학 인식론에 치우친 사고를 드러내었다. 이러한 실증주의적 경향은 나머지 7가지 NOSI 측면에 대해 초보적 관점을 보인 학생들의 답변에서도 몇몇 차례 더 발견되었다.

그러한 가운데, 일반인의 과학 관련 통념이자, 학생들이 소유한 대표적 오개념으로 언급되어 온 ‘과학을 하는 방법이 유일하다.’(Lederman and Lederman, 2014)라거나 ‘과학 하기에 있어서 실험이 필수 불가결이다.’라는 인식과 관련해서는 많은 학생이 실증주의 반대편의 현대적 인식론에 부합하는 사고를 하였다. 특히, 몇몇 학생들은 수식만으로도 과학적 이론을 증명할 수 있다거나, 천문학적 탐구의 예를 제시하는 등의 답변도 작성하여, 과학적 방법의 다양성을 단지 피상적으로 말하는 상태가 아니라, 탐구 방법의 차이나 과학 영역별 특이성이 드러나는 탐구의 예를 들어 설명할 수 있을 만큼 수준 높은 이해를 소유한 것으로 나타났다. 이같은 결과는 과학적 방법이 다양하다는 사실을 이해하는 것의 중요성을 강조하는 과학교육계의 노력과(Grandy and Duschl, 2008; Hodson, 2009) 과거 과학의 과정을 대표하던 ‘실험’이 ‘과학적 설명과 모델의 구성 및 수정’으로 전환되고 있는 점은 물론, 과학 인식론에서 과학의 영역별 특이성, 복잡성, 논쟁적 본성을 강조하는(Abd-El-Khalick, 2012; Erduran and Dagher, 2014) 데에서도 그 의의를 찾을 수 있다.

한편, Gaigher et al.(2014)의 연구에서, 남아프리카 공화국 11학년 학생들이 7-9학년 시절, NOSI 측면들

을 학습 내용으로 명시한 교육과정 개혁안이 적용된 과학 수업 수혜자이어서, VASI를 사용하여 NOSI 각 측면의 이해를 조사한 결과에서 전체적으로 그 이해 수준이 예상을 뛰어넘을 만큼 전문적 관점이 우세하였지만, 1가지 측면, 즉 실험 개념만은 낮은 이해 수준에 머문 것으로 파악되었는데, 이를 교육과정 개혁안에서 실험이란 용어 사용이 배제된 결과이자 실제 수업 내 상대적으로 부족한 실험 시간 수에 기인한 것으로 해석한 사례 역시 주목해야 한다. 또한, Lederman et al.(2014)의 연구 결과에서는, 7개월에 걸쳐 명시적, 반성적 NOSI 활동과 다양한 탐구를 수행한 8학년 학생들의 NOSI 각 측면에 대한 이해 수준이 전체적으로 10-70% 향상된 결과로 나타났으며, 특히 초보적 관점을 소유했던 학생들의 NOSI 이해의 발달이 두드러졌다는 것이다. 마찬가지로, 과학교사의 ‘과학적 지식의 본성’과 NOSI 교수 전문성 증진을 목표로 한 활동 중심의 체계적인 프로젝트를 투입한 결과, 교육을 받은 교사의 그 이해 수준이 크게 상승하였다는 연구 결과(Lederman and Lederman, 2019)도 그 맥을 같이 한다. 이같은 연구결과들은 학생들의 NOSI에 관한 인식 수준을 고르게 향상하기 위해서는 더욱 적극적인 노력을 기울여야 함을 알려준다.

VASI #1의 측면에 대해 혼합적 혹은 초보적 관점을 소유한 것으로 분류된 학생들 대부분은 ‘옳은 자료가 곧 옳은 결과’라고 여기는 등, 과학자의 자료 분석과 해석의 과정과 역할을 떠올리지 않았고, 그에 따라 VASI #7a, b의 평가 구인인 지식 생성과 타당화에 관여하는 선 지식의 기능에 대해서도 무지하였다. 또한, 혼합적 관점이 60% 이상의 비율을 차지했던 VASI #2, 4, 5의 ‘탐구의 시작점에 필수적인 문제 제기’, ‘탐구 과정에 따라 달라질 수 있는 결과’, ‘자료와 증거의 차이’ 측면들 역시, 문제 인식에서 결론을 도출까지의 일련의 탐구 과정에 연관된 내용으로서, 이러한 ‘탐구 과정’에 관한 낮은 수준의 이해를 고르게 향상하기 위해서는 현재의 과학 교육과정은 물론, 현장 수업을 점검하여 NOSI 측면들이 어떤 방식으로 다뤄지는지 점검해야 할 필요성이 대두된다.

다른 한편으로, 최근 학생들의 과학적 탐구력 향상을 위한 교육적 시사점을 제공하고자 7종의 과학탐구실험 교과서에 제시된 과학적 탐구 활동의 요소를 분석하여 그 특징을 조사한 Jho(2018)에 의하면, 일련의 탐구 과정을 모두 수행하도록 요구하는 탐구

활동이 7종의 교과서에 제시된 총 276개의 탐구 활동 중에서 3개에 불과하였다. 비록 2015 개정 교육과정의 가장 큰 장점의 하나로 전체 과학적 탐구 과정을 경험할 수 있는 탐구 활동을 포함한 점을 들 수 있지만(Park and Lee, 2016), 고등학생들이 직간접적으로 탐구를 접할 기회를 다수 제공할 것으로 예상되는 과학탐구실험 교과서에 실린 탐구들은 과학의 과정을 제대로 이해하는 데 한계를 갖는 것으로 진단되었다(Jho, 2018). 이같이 과학적 탐구 교수학습의 지침 역할을 하는 교과서 내용 중에 필수적인 탐구 요소가 불충분하거나 특정 요소에 편중되는 것은 NOSI 여러 측면의 고른 이해의 발달을 방해하는 요인이 될 수 있다.

학생들의 직접적인 참여를 통해 NOSI에 대한 이해를 배양하기 위해서는 교육과정을 적절하게 반영한 질문, 상황 등을 포함한 과업(task)을 제시하는 것이 필수적이다(Thompson, 2015). 2015 개정 과학과 교육과정에서는 ‘과학 탐구의 과정’을 핵심개념으로 다루고 있으며, 과학탐구실험 과목 내에서 “탐구 문제 및 상황 특성에 따라 탐구 활동 계획을 다양하게 수립한다.”(MOE, 2015, p. 115)를 내용 지식으로 명시하면서 다수의 탐구 활동을 학생들이 수행해야 할 과업으로 포함하였다. 국내외에서 과학에 대한 인식적 이해를 명시적으로 학생들이 학습해야 할 내용 요소로 다룬 교과서를 찾는 것은 쉬운 일이 아님이 분명하다(Park et al., 2020). 이에 모든 학생이 직접 탐구 활동에 참여하도록 하여, 전면적인 과정 중심의 평가를 시행하도록 유도할 수 있는 과학탐구실험 수업을 그 목표에 부합하도록 최대한 활용하는 것이 최선의 NOSI 교육의 방법이 될 수 있다. 중요한 것은 학교 현장에 실제로 적용되는 탐구 활동을 확인하고 NOSI의 무엇을 어떤 방식으로 접목 가능한지 자세히 안내하여 학생들이 여러 측면의 NOSI를 빠짐없이 이해하도록 이끌어야 한다는 점이다.

본 연구는 특정 일반 고등학교 학생 100명을 대상으로 한 사례연구인 관계로 그 결과를 확대 적용하는 데는 무리가 따를 수 있으며, 지금까지 학생들이 수강한 과학 수업의 내용을 고려하지 않았고, 특히, 과학탐구실험 수업에서 학생들이 경험한 탐구의 내용을 자세히 살펴볼지 못한 점 등, 학생들의 NOSI 이해에 영향을 미친 요인을 다각적으로 탐색하지 못했다는 한계가 존재한다. 또한, 연구 방법상 학생들이 소유한 탐구에 대한 인식과 그 원천을 면담을 통해

직접 조사하지 못한 문제점도 존재한다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에 참여한 많은 고등학생이 표출한 긍정적인 NOSI 이해 양상은 과학 탐구력 신장을 교육목표로 하여 현시점에 적용 중인 교육과정의 실효성을 검증하는 기초적인 자료의 하나로 여겨질 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 우리나라 고등학생들의 과학 탐구력 배양을 위한 토대로서, NOSI 교육의 개선과 증진 방향을 제시하는 데 도움을 줄 것이다. 장차, 본 연구의 방법상의 한계를 벗어나, 더 넓고 깊게 학생들의 NOSI 이해를 조사하는 연구가 풍성하여 NOSI 이해가 어떻게 생성되고 발달하는지에 관한 이해를 높이고, 개선된 과학적 탐구 교육 방안이 학교 현장에 반영될 것을 기대한다.

References

- Abd-El-Khalick, F., 2012, Examining the sources for our understandings about science: enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1990, *Science for all Americans*. Oxford University Press, New York, USA.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993, *Benchmarks for scientific literacy*. Oxford University Press, New York, USA.
- Baykara, H., Yakar, Z., and Liu, S.Y., 2018, Preservice Science Teachers' Views about Scientific Inquiry. *European Journal of Education Studies*, 4(10), 128-143.
- Chen, S., 2006., Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90(5), 803-819.
- Chinn, C.A. and Malhotra, B.A., 2002, Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Council of Ministers of Education of Canada, 1997, *Common Framework of Science Learning Outcomes, K to 12: Pan-Canadian Protocol for Collaboration on School Curriculum for Use by Curriculum Developers*. Council of Ministers of Education, Toronto, Canada.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., and Scott, P., 1996, *Young People's Images of Science*. Open University Press, Buckingham, UK.
- Dudu, W.T., 2014, Exploring South African high school teachers' conceptions of the nature of scientific inquiry: a case study. *South African Journal of Education*, 34(1), 1-19.
- Dudu, W.T. and Vhurumuku, E., 2011, Exploring learners' understandings of the nature of scientific inquiry (NOSI): The validation of a research Instrument. *International Journal of Learning*, 18(2), 67-84.
- Dunbar, K., 2001, What scientific thinking reveals about the nature of cognition. In Crowley, K., Shunn, C., and Okada, T. (eds.), *Designing for science: Implications from everyday classroom and professional settings*. Lawrence Associations, Inc., Mahwah, USA, 115-140.
- Duschl, R.A., 1994, Research on the history and philosophy of science. In Gabriel, D.L. (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. MacMillan, New York, USA, 443-465.
- Duschl, R.A. and Grandy, R.E., 2011, Demarcation in science education: Toward an enhanced view of scientific method. In Taylor, R.S. and Ferrari, M. (eds.), *Epistemology and Science Education: Understanding the Evolution*. Springer, Routledge, The Netherlands, 3-19.
- Erduran, S. and Dagher, Z.R., 2014, Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Gaigher, E., Lederman, N.G., and Lederman, J.S., 2014, Knowledge about inquiry: A study in South African high schools. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3125-3147.
- Gall, M.D., Borg, W.R., and Gall, J.P., 1996, *Educational research: An introduction*. Longman, White Plains, USA.
- Grandy, R.E. and Duschl, R.A., 2008, Consensus: Expanding the scientific method and school science. In Duschl, R.A. and Grandy, R.E. (eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation*. Sense Publishers, New Milford, USA, 304-325.
- Hodson, D., 2009, *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Sense Publishers, Rotterdam, The Netherlands.
- Hodson, D., 2014, Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. In Matthews, M.R. (ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 911-970.
- Hodson, D. and Wong, S.L., 2017, Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3-17.
- Jho, H., 2018, An Analysis of Elements of Scientific Inquiry Presented in 2015 Revised National Science Curriculum: Focusing on Scientific Inquiry Experiment. *Journal of Research in Curriculum and Instruction*, 22(3), 208-218. (in Korean)

- Kim, H.-K. and Na, J., 2018, A study on high school teachers' perception on the field application of 2015 revised science curriculum. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(10), 565-588. (in Korean)
- Knorr-Cetina, K., 1999, *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- Latour, B. and Woolgar, S., 1979, *Laboratory life: The social construction of scientific facts*. Sage, London, UK.
- Lederman, N.G., Antink, A., and Bartos, S., 2014, Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Science and Education*, 23(2), 285-302.
- Lederman, N.G. and Lederman, J.S., 2014, Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In Abell, S.K. and Lederman, N.G. (eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Routledge, New York, USA, 1739-1815.
- Lederman, N.G. and Lederman, J.S., 2019, Teaching and Learning of Nature of Scientific knowledge and scientific inquiry: building capacity through systematic research-based professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737-762.
- Lederman, J.S., 2009, Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and open-ended levels. In *National geographic science: Best practices in science education*. Retrieved from http://www.ngspscience.com/profdev/Monographs/SCL22-0439A_SCI_AM_Lederman_lores.pdf [Google Scholar]
- Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartos, S.A., Bartels, S.L., Meyer, A.A., and Schwartz, R.S., 2014, Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry-The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.
- Lee, Y., 2014, What do scientists think about the nature of science?-exploring views of the nature of science of Korean scientists related with life science area. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(7), 677-691. (in Korean)
- Mathews, M.R., 2012, Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In Khine, M.S. (ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 3-26.
- Ministry of Education [MOE], 2015, National science curriculum. No. 2015-74. Ministry of Education, Sejong, Korea. (in Korean)
- Ministry of Education, Science and Technology, 2009, A Handbook of Science Curriculum for High School Students. No. 2009-41. Ministry of Education, Science and Technology, Seoul, Korea. (in Korean)
- National Academy of Sciences, 2002, National Science Education Standards. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA.
- National Research Council [NRC], 1996, National Science Education Standards. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- National Research Council [NRC], 2000, *Inquiry and the national science education standards*. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Next Generation Science Standards [NGSS] Lead States, 2013, *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press, Washington, DC, USA.
- OECD, 2017, *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative problem Solving*. OECD Publishing, Paris, France.
- Park E.W. and Lee, Y.H., 2016, The analysis of inquiry activities in high school science textbooks for the 2009 revised curriculum. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 16(8), 419-438. (in Korean)
- Park, W., Yang, S., and 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.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G., and Crawford, B.A., 2004, Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Senler, B., 2015, Middle School Students' Views of Scientific Inquiry: An International Comparative Study. *Science Education International*, 26(2), 166-179.
- Song, J., Kang, S.-J., Kwak, Y., Kim, D., Kim, S., Na, J., ..., and Son, Y.A., 2018, A development of Korean science education standards [KSES] for the next generation. KOFAC, Seoul, Korea.
- Sung, H.S., Shim, J., and Chun J., 2016, Pre-service Biology Teachers' Understanding about Nature of the Scientific Inquiry-The Views about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire-. *Biology Education*, 44(2), 191-209. (in Korean)
- Thompson, I., 2015, Introduction: tasks, concepts and subject knowledge. In Thompson, I. (ed.), *Designing Tasks in Secondary Education: Enhancing subject understanding and student engagement*. Routledge, Abingdon, UK, 3-12.
- United Kingdom Department for Education. 2015. National curriculum in England: Science programmes of study. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/nationalcurriculum-in-england-science-programmes-of-study>.

- Wong, S.L. and Hodson, D., 2009, From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, 93(1), 109-130.
- Wong, S.L. and Hodson, D., 2010, More from the horse's mouth: What scientists say about science as a social practice. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1431-1463.
- Yang, I.H., Park, S.W., Shin, J.Y., and Lim, S.M., 2017, Exploring korean middle school students' view about scientific inquiry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3935-3958.
- Zeidler, D.L., Walker, K.A., Ackett, W.A., and Simmons, M.L., 2002, Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.

Manuscript received: May 6, 2020

Revised manuscript received: June 24, 2020

Manuscript accepted: June 25, 2020