



과학 교과서에 제시된 과학실천의 빈도와 수준 -2015 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 및 통합과학-

강남화^{1*}, 이혜림², 이상민¹
¹한국교육대학교, ²춘천여자고등학교

Scientific Practices Manifested in Science Textbooks: Middle School Science and High School Integrated Science Textbooks for the 2015 Science Curriculum

Nam-Hwa Kang^{1*}, Hye Rim Lee², Sangmin Lee¹
¹Korea National University of Education, ²Chuncheon Girls High School

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 May 2022
Received in revised form
27 June 2022
22 July 2022
Accepted 26 July 2022

Keywords:

scientific practice,
levels of scientific practice,
science textbook

ABSTRACT

This study analyzed the frequency and level of scientific practices presented in secondary science textbooks. A total of 1,378 student activities presented in 14 middle school science textbooks and 5 high school integrated science textbooks were analyzed, using the definition and level of scientific practice suggested in the NGSS. Findings show that most student activities focus on three practices. Compared to the textbooks for the previous science curriculum, the practice of ‘obtaining, evaluating, and communicating information’ was more emphasized, reflecting societal changes due to ICT development. However, the practice of ‘asking a question’, which can be an important element of student-led science learning, was still rarely found in textbooks, and ‘developing and using models’, ‘using math and computational thinking’ and ‘arguing based on evidence’ were not addressed much. The practices were mostly elementary school level except for the practice of ‘constructing explanations’. Such repeated exposures to a few and low level of practices mean that many future citizens would be led to a naïve understanding of science. The findings imply that it is necessary to emphasize various practices tailored to the level of students. In the upcoming revision of the science curriculum, it is necessary to provide the definition of practices that are not currently specified and the expected level of each practice so that the curriculum can provide sufficient guidance for textbook writing. These efforts should be supported by benchmarking of overseas science curriculum and research that explore students’ ability and teachers’ understanding of scientific practices.

1. 서론

1. 도입

넓은 의미에서 교육과정은 학생들이 성인이 되어 성공적으로 삶을 누리게 할 목적으로 설계된 교육에서 형식적 또는 비형식적으로 학생들에게 제공되는 모든 경험으로 볼 수 있다(Dewey, 1916). 좁은 의미로는 국가 및 지역의 교육 목표를 위해 계획된 일련의 수업이나 학생들의 경험으로 볼 수 있다(Null, 2016). 이러한 정의에서 핵심은 학습자가 학습의 과정에서 경험하는 모든 것이 교육과정으로 간주한다는 것이다. 따라서 교육과정은 명시적으로 제공하여 학생이 경험하는 교육과정과 암시적 또는 암묵적으로 전달되어 학생들이 스스로 체득하게 되는 교육과정으로 구분되기도 하고, 학문 분야와 연계된 학습의 내용을 지칭하는 지식, 경험을 통해 습득하는 태도나 감성, 몸으로 익히는 기술이나 기능 등의 구성 요소에 따라 구분이 되기도 한다(Null, 2016).

Bruner (1977)는 그의 책 서문에 “문서화된 교육과정은 교사를 위

한 것”이라고 주장하였다(p. xv). 교육과정 문서가 교사에게 정보를 제공하거나, 교사를 움직이지 못한다면 교사가 가르치는 학생에게는 아무런 영향을 주지 못한다는 것이다. 따라서, 계획된 교육과정(intended curriculum)이 교사에 의해 실행된 교육과정(implemented curriculum)으로 적절히 전환되지 않는다면 학생들에 의해 학습된 교육과정(learned curriculum)이 될 수 없다는 것은 이미 널리 공유되고 있는 생각이다. 이렇게 교육과정을 통한 교육 혁신의 성공이 교사에게 달려있다는 것을 Bruner를 비롯해 많은 학자가 주장해오고 있다(e.g., Kang & Wallace, 2005). 이와 유사한 맥락에서 일찍이 Ball & Cohen (1996)은 교육과정 실행을 위한 교과서, 교사용 지도서 등의 교육과정 자료는 교육의 목표나 내용 등이 추상적으로 적혀있는 교육과정 문서보다 더 구체적이어서 교사에게 직접적인 영향을 줄 수 있는 강력한 효과가 있다고 주장하였다. 따라서 교사를 통해 교실의 학생들까지 영향을 미치기 위한 효과적인 도구는 교육과정을 구체화한 교과서, 교사용 지도서 등의 자료가 된다. 이러한 맥락에서 Davis & Krajcik (2005)은 과학교사의 전문성 개발을 지원하여 학생들의 학습에 영향을 주기 위해 교과서, 교사용 지도서 등이 어떤 원리로 개발되

* 교신저자 : 강남화 (nama.kang@knue.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.4.417>

어야 하는가에 대해 논의를 하였다. 이들 연구자가 도출한 전문성 개발을 지원하는 교육과정 자료는 교사의 과학적 지식을 향상하고, PCK(pedagogical content knowledge)를 촉진하고, 교사가 학생들의 과학탐구를 지도하는 방안을 제시해야 한다고 정리하였다. 이중 구체적으로 과학탐구 지도를 위해서 교육과정 자료는 교사들이 학생들이 탐구할 수 있는 문제를 도출할 수 있도록 지도하는 방법에 대한 안내를 제시해야 하며, 학생들의 탐구 설계, 자료 수집과 분석, 증거에 기반한 설명 구성, 과학적 의사소통에 참여하도록 어떻게 안내해야 하는가를 제시해야 한다고 주장하였다. 즉, 탐구 과정의 각각의 절차에서 교사가 어떻게 지도해야 하는가를 교과서나 교사용 지도서 등의 교육과정 자료에서 구체적으로 제시함으로써 교사가 어떻게 가르치는가를 배우고 동시에 교육과정에서 의도하는 목표를 수업에 반영하여 학생들이 적절히 경험함으로써 의도된 교육과정이 달성될 수 있다는 것이다.

국가교육과정을 채택하고 있는 우리나라에서 대표적인 교육과정 자료는 검정교과서이다. 특히 검정교과서의 검정기준의 핵심이 ‘얼마나 충실하게 국가교육과정을 반영하는가’이므로 검정교과서는 교사의 수업에 직접적인 영향을 미치며 교육과정이 충실히 수업에서 적용되고 학생들이 학습할 수 있도록 유도하는 핵심 도구 역할을 해오고 있다(Kang & Lee, 2013). 이에 따라 교육과정이 바뀔 때마다 교육과정에서 추구하는 핵심 영역의 반영을 조사하는 교과서 분석연구가 이루어져왔다(Jeon & Lee, 2020; Park et al., 2022). 또한, 교수학습 자료로서 중요한 역할을 차지한다는 점을 기반으로 교과서의 삽화나 표상, 문장의 이독성, 글쓰기 활동의 내용 등에 대한 분석 연구도 이루어져 왔다(Park et al., 2014; Song, Hong, & Noh, 2020; Yoon & Hong, 2021). 따라서 교과서 분석연구는 우리나라 과학교육 연구의 중요한 축을 이루고 있다고 할 수 있는데 이는 교과서가 교육과정의 구체화된 모습을 교사와 학생들에게 제시하며, 의도된 국가 교육과정의 실현에 있어서 필요한 지원 사항을 파악할 수 있는 중요한 기초 자료를 제공하기 때문이다.

이러한 맥락에서 본 연구는 2015 개정 과학과 교육과정에서 새로 도입된 8가지 과학 교과서의 ‘기능’의 바탕이 되는 과학실천이 얼마나 어떤 수준으로 교과서에 반영이 되고 있는지 분석하여, 학교 과학 교육에서 교사와 학생들에게 노출되는 과학실천의 모습을 파악하고 다가오는 2022 개정 과학과 교육과정, 이를 바탕으로 하는 교과서 저술 및 새 교육과정 실행 관련 과학교사 연수에 기초 자료를 제공하고자 한다. 구체적으로 본 연구는 (1) 중학교 과학 교과서와 고등학교 통합과학 교과서에 제시된 학생 활동에서 다루어지는 과학실천의 종류와 빈도를 탐색하여 학생들이 얼마나 어떤 과학적 기능에 노출될 가능성이 있는가를 조사하고, (2) 교과서에서 제시된 과학실천의 수준을 분석하였다.

과학실천은 학생들이 주도적으로 과학의 지식 구성 과정에 참여하여 과학적 지식뿐만 아니라 과학의 과정에 대해 학습할 수 있다는 점에서 그 자체가 중요한 과학 교육과정의 내용이자 교수학습 방법이 된다. 따라서 학생들이 교실에서 과학학습 중 과학실천을 경험하는 정도를 확인하고, 필요한 지원을 계획할 필요가 있다. 그 기초 자료로서 과학 교과서 분석은 교사와 학생들에게 노출되는 과학실천을 확인할 수 있다는 점에서, 간접적으로 과학교사의 전문성 개발 자료가 된다는 점에서 중요하다고 할 수 있다. 이는 국가 과학 교육과정에

제시된 과학실천을 수업자료로 전환한 과학 교과서에서 제시하는 과학실천이 교사에게 교육과정에 대한 실제적 이해를 제공하고, 과학실천 관련 전문성 개발의 화두 및 소재가 될 수 있기 때문이다(Arias, Davis, Marino, Kademian, & Palincsar, 2016; Ball & Cohen, 1996; Kang & Lee, 2013). 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시한 ‘기능’ (과학 교육과정에서 제시된 기능으로 구분하기 위해 이하 ‘과학적 기능’으로 표현)에 대한 정의가 없지만, 8가지 과학적 기능이 미국의 과학교육표준에서 제시한 과학실천에 기초하여 도출된 점과 이후 관련 연구의 국제 비교를 위해 본 연구에서는 미국의 NGSS에서 제시하는 과학실천의 정의, 하위 요소 및 학년 군별 수준을 기초로 2015 개정 과학과 교육과정에 기초한 중학교 과학 교과서와 고등학교 통합과학 교과서를 분석하여, 교사와 학생들이 과학실천에 노출되는 정도에 대한 경향을 분석하였다.

II. 문헌 고찰

1. 과학실천

2015 개정 교육과정은 역량 중심 교육과정으로 학생들의 지식뿐만 아니라 과학적 기능과 태도 등이 종합되어 드러나는 역량을 키우는 것을 목표로 한다. 따라서, 각 교과에서 강조할 교과별 핵심역량을 제시하였고, 이에 과학과 교육과정에서는 과학적 문제 해결력 등 다섯 개의 과학과 핵심역량을 제시하였다. 한편, 핵심역량의 요소가 되는 과학적 기능은 별다른 정의 없이 8개가 내용 체계에 제시되어 있다(Korean Ministry of Education, 2015a). 이들 과학적 기능은 기존의 과학교육에서 다루어온 과학탐구 과정의 많은 요소를 포함하면서, 최근 과학교육 문헌에서 다루어지고 있는 ‘과학실천’의 개념을 반영하고 있다(Table 1).

과학실천은 미국의 과학교육표준(NGSS Lead States, 2013)과 그 기초 개념의 설명을 제공하는 문서(National Research Council [NRC], 2012)에서 그 의미와 적용 사례를 찾을 수 있다. 특히 ‘과학탐구(inquiry)’라는 용어 사용을 피하고 ‘과학실천’을 강조하는 이유에 대해서 NGSS 연구를 맡았던 Osborne(2014)은 별도의 논문에서 그 배경을 상세히 설명하였다. 요컨대 1970년대 과학 교육과정부터 강조해 온 탐구 개념은 오랫동안 사용되면서 오히려 그 의미가 모호해지고,

Table 1. Scientific practices in Korean science curriculum and US NGSS

2015 개정 과학과 교육과정	미국 과학교육표준*
문제 인식	질문하기
탐구 설계와 수행	조사 계획하고 수행하기
자료의 수집·분석 및 해석	자료 분석하고 해석하기
수학적 사고와 컴퓨터 활용	수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기
모형의 개발과 사용	모형 개발하고 사용하기
증거에 기초한 토론과 논증	증거에 기초하여 논의하기
결론 도출 및 평가	설명 구성하기
의사소통	정보를 얻고, 평가하고, 소통하기

* 미국은 공학실천을 함께 제공하고 있으나, 우리나라 교육과정에 적절하지 않아 본 연구와 무관하므로 NGSS에서 공학 교유의 실천으로 표시한 내용(문제 규정하기, 해결책 설계하기(NRC, 2012, p. 3))은 제외함.

동시에 실제로 일정한 패턴이 없는 과학자들의 활동을 과학탐구 과정으로 불리는 일련의 순서를 따르는 방법으로 인식하는 결과를 초래한 것에 대한 문제 제기과 그에 대한 대안으로 사용한다는 이유를 제시하였다. 또한, 과학 활동에 대한 철학적, 사회학적 연구에서 과학자들의 활동을 과학 문화적 행동양식으로 보는 관점(Pickering, 1995)이 반영이 된 것으로 이해할 수 있다.

과학탐구가 과학과 교육과정에 도입된 기원으로는 시민에게 과학다운 과학의 모습을 보여주어 과학의 실체를 이해시켜야 한다는 것과 예비 과학자로서의 과학 학습자들이 과학의 과정을 경험해야 한다는 두 가지 목적이 있다(Brandwein & Schwab, 1962). 과학 교육과정에 과학탐구를 도입할 당시 과학탐구는 경험주의 철학에 기초한 것으로 자료를 수집하여 분석하고, 이를 바탕으로 과학적 지식을 도출하는 전통적인 탐구의 과정과 연계되었다. 그러나, 경험주의 철학에 근거한 과학의 모습은 과학사, 과학 사회학 등 실제 과학자 활동의 사례 연구에 기초하여 새롭게 조명이 되었다. 특히 Kuhn(1962)을 시작으로 과학자의 활동을 천재적 개인 과학자의 연구 활동의 결과로 이해하기보다는 과학자 집단에서 통용되는 행동, 신념, 사고 양식 등으로 이루어진 패러다임으로 설명하는 방식이 실제 과학의 모습을 더욱 적절히 반영한다는 관점이 서서히 받아들여졌다(Collins & Pinch, 2012; Pickering, 1995). 또한, 물리학 이론의 발달을 중심으로 논의된 과학에 대한 이해가 다양한 과학 분야로 확대되면서 과학탐구의 과정 혹은 과학자들의 활동 양식이 다양하다는 다원주의적 관점이 받아들여지면서, 교실에서 활용할 수 있는 다양한 과학탐구의 정의가 요구되고 있다(e.g., Gray & Kang, 2014).

과학자의 활동을 과학자 공동체(community)의 패러다임에 기초한 신념, 태도, 이론 등에 따른 행동양식으로 보는 관점은 다원주의를 반영하여 과학탐구를 다양하게 바라볼 수 있게 한다. 한편, 과학자들이 공통으로 실천하는 행동들을 바탕으로 과학 지식이 어떻게 구성이 되는지를 이해할 수 있는 기초를 제공할 수 있다. 그리하여 20세기 후반에 경험주의 철학을 기반으로 정의된 과학탐구에 대해 읽고 경험해봄으로써 과학 지식이 어떻게 구성되는지 이해할 수 있도록 과학탐구를 과학 교육과정에 도입한 것처럼 21세기 초부터 과학자들의 실천을 탐색한 연구를 바탕으로 학교 과학 교육과정에 과학실천이 도입되기 시작하였다. NRC(2012)는 과학 학습자들이 경험하고 이해할 필요가 있는 8가지의 과학실천을 제시하였고, 이는 미국의 과학교육표준 개정의 기초를 이루었다(Table 1). 이렇게 실천으로 표현된 과학자들의 지식 구성 과정은 일정한 순서를 따르기보다는 다양한 현상을 이해하고 설명하는 과정에서 과학자들이 보이는 공통적인 활동의 단면을 나타낸다. 따라서, 과학실천은 현상을 탐색하고, 이해하여 설명하는 과정에서 과학자들이 참여하는 활동 요소로 이해할 수 있다. 이와 같은 맥락에서 2015 개정 과학과 교육과정에서도 ‘기능’이라는 이름으로 과학실천의 8가지 요소를 반영하고 있다(Lee & Choi, 2017).

2. 과학 교육과정과 과학실천

우리나라의 2015 개정 과학과 교육과정은 교과교육 내용을 ‘성취 기준’으로 진술하였다. 교육과정 총론 해설에 의하면, “교과의 성취 기준은 교과를 통해 학생들이 배워야 할 지식과 과학적 기능 및 태도의 총체로서 학년(군)별 학습으로 기대되는 결과를 의미한다.” (Korean

Ministry of Education, 2015b, p. 47). 또한, 과학과 교육과정의 도입부의 일러두기에서 성취기준은 “학생들이 교과를 통해 배워야 할 내용과 이를 통해 수업 후 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력을 결합하여 나타난 수업 활동의 기준”(Korea Ministry of Education, 2015a)으로 제시되어 있다. 구체적인 진술 방식에 대한 설명은 이전 교육과정의 내용 진술과의 차이점에서 찾을 수 있다. 2015 개정 과학과 교육과정의 성취기준 진술은 과학 내용지식과 과학적 기능을 포함하여 제시하고 있다(Song & Na, 2015). 가령, 중학교 성취기준 [9과 18-02]는 “상대 습도, 단열 팽창 및 응결 현상의 관계를 이해하고, 구름의 생성과 강수 과정을 모형으로 표현할 수 있다.”로 제시되어 있다. 이는 강수와 관련된 과학 내용지식과 ‘모형의 개발과 사용’ 기능이 연결되어 제시된 것이다. 또 다른 예로 중학교 성취기준 [9과 09-02]는 “전기 회로에서 전지의 전압이 전지를 지속적으로 이동하게 하여 전류를 형성함을 모형으로 설명할 수 있다.”를 제시하면서 ‘전류’의 개념과 ‘모형의 개발과 사용’ 기능을 연계하여 제시한다. 이렇게 8가지 과학적 기능 중 하나가 명확히 연결된 경우와 달리 과학적 기능의 일부 또는 여러 과학적 기능이 중복되어 요구될 수 있는 진술도 쉽게 찾을 수 있다. 가령, 중학교 성취기준 [9과19-01]는 “등속 운동하는 물체의 시간-거리, 시간-속력의 관계를 표현하고 설명할 수 있다.”로 등속운동과 그래프 작성을 통한 설명이 연결되어 제시되었다. 이 경우 8가지 과학적 기능 중 학생 활동에서 활용될 수 있는 과학적 기능으로는 ‘자료의 수집, 분석, 해석’, ‘결론 도출 및 평가’, ‘의사소통’ 등이 가능하다. 실제 학생들이 접하게 되는 과학적 기능은 교과서에서 학생 활동으로 구체화하는 과정, 교사의 교과서 등 교수 학습자료의 활용 과정 등에서 결정될 것이다.

미국의 과학교육표준에서는 미국의 국가연구위원회보고서(NRC, 2012)의 개념 및 이론적 토대를 근거로 과학 내용지식과 과학실천을 연계하여 과학교육표준의 수행기대(performance expectation)을 제시한다(NGSS Lead States, 2013). 여기서 수행기대는 “학생들이 알고, 이해하고, 할 수 있어야 할 것을 구체적으로 서술한 것”(NRC, 2012, p.218)으로 정의되어 우리나라의 성취기준과 유사한 내용과 방식으로 서술된다. 가령, 초등학교 3~5학년예 다루어지는 수행기대로 “물체의 운동에서 힘의 평형이 이루어진 경우와 이루어지지 않은 경우의 효과에 대한 증거를 제공할 수 있는 조사를 계획하고 수행하기 (3-PS2-1)”를 제시하면서 과학실천의 ‘조사 계획하고 수행하기’와 ‘힘의 평형’에 관한 교과 내용을 연계한다. 또 다른 예로 중학교에서 다루어지는 수행기대로 “전기력이나 자기력의 세기에 영향을 미치는 요인에 대해 질문하기 (MS-PS2-3)”를 제시하면서 전자기력과 질문하기 실천을 연계한다.

우리나라 교육과정의 성취기준과 미국의 NGSS의 수행기대의 차이점은 미국의 NGSS의 경우는 내용과 연계된 과학실천을 명시적으로 표시하는 반면, 우리나라의 교육과정에서는 성취기준 진술문의 의미만 제시할 뿐 각각의 성취기준이 포함하는 과학실천(과학적 기능)을 명시적으로 표시하지 않아 다양한 해석의 여지를 준다는 것이다. 더욱이 과학실천의 항목들과 유사한 과학적 기능이 교육과정의 내용으로 제시되었으나 그 정의가 없어서 과학적 기능의 의미나 수준에 대해 다양한 해석이 가능하다.

미국의 NGSS에는 각 과학실천의 하위 요소가 제시되어 있고, 부록에는 각 하위 요소가 학년 수준에 따라 어느 정도의 정교함(sophistication)과 복잡성(complexity)으로 다루어져야 하는지 제시되

어 있다. 이는 학년 군별 제시된 교육표준의 내용에서 적용된 과학실천을 종합한 것이라 볼 수 있다. 가령, ‘질문하기’ 실천에 관해 초등학교 저학년에서는 관찰에 기초하여 자연현상에 대해 정보를 구하는 수준의 질문하기를 기대하고, 초등학교 고학년에서는 변인이 포함된 형식의 질문하기로 좀 더 수준 높은 과학적 질문을 제기하는 능력을 기대한다. 이에 더해 중학교에서는 변인간의 관계 결정에 관한 질문을 던지는 더 복잡하고 정교한 질문을 제기하기 능력을 기대한다. 이와 같은 실천 별 수준의 구분은 서로 다른 수준에서 몇 가지 실천의 조합으로 하나의 과학 활동 구성이 가능함을 시사하므로 다양한 형태의 과학 활동이 학교에서 이루어질 수 있음을 보여준다. 한편, 과학실천이 모든 과학의 영역에서 과학자들이 공통으로 수행하는 활동의 요소라는 정의에 비추어 볼 때 8가지 과학실천을 학생들이 골고루 경험하는 것은 과학에 대한 균형된 시각을 갖출 수 있는 기초가 될 것이다. 그러나, 특정 실천이 다른 실천보다 본질적으로 실제 과학자들의 활동에서 빈도가 더 높은 활동이거나 학생들이 경험하기에 난이도가 더 높은 활동일 수 있으므로 모든 종류의 실천이 각 학년에서 이루어지기를 기대하기보다는 한 개의 학년군 내에서 또는 여러 학년군에 걸쳐 이루어지도록 한다면 보다 유연한 과학 학습활동 설계가 가능할 것이다. 따라서, 여러 학년에 걸친 과학학습 경험에서 학생들이 다양한 실천을 고르게 경험하는 것을 목표로 하는 것이 바람직할 수 있다. 이와 같은 맥락에서 NGSS는 과학실천에 관한 목표로 학년군 내 또는 여러 학년군을 거쳐 학생들이 모든 과학실천을 수준에 맞게 경험하게 하는 것으로 서술되어 있다.

이와 같은 맥락에서 과학실천에 관한 학생의 학습이나 수업에 관한 연구는 과학탐구에 관한 수업 연구와는 달리 개별 실천에 학생들이 어떤 방식이나 수준으로 참여하는지 또는 어떻게 교사가 학생들의 참여를 촉진하는지에 관한 연구가 이루어지고 있다. 가령, Ke & Schwarz (2020)은 초등학교 학생들이 참여하는 ‘모델 개발하고 사용하기’에 관한 실천 활동에서 두 교사의 접근방식이 학생들의 참여에 어떤 차이를 낳는지 분석하는 연구를 발표하였다. González-Howard & McNeill. (2020)은 중학생을 대상으로 개발한 두 개의 과학 단원 수업 중 학생들이 어떤 상황에서 주도적으로 ‘증거에 입각하여 논의하기’에 참여하여 학습하는가를 인식론적 행위주체성 개념(epistemic agency)을 통해 연구하였다. 한편, 전체적인 8가지 실천에 관해 Chen & Terada (2021)는 학교 현장에서 학생들이 8가지 실천을 수행할 때 관찰할 수 있는 구체적인 경험의 수준을 판단하기 위한 관찰평가표를 개발하여 제시하였다. 예비 과학교사 교육 관련 연구로 Bismack *et al.* (2022)은 3명의 신규 초등교사의 첫 2년간의 수업과 대학 재학 중 실습수업을 관찰하여 과학실천의 이해 정도와 그것을 수업에 적용하는 수준의 관계를 파악하여 대학의 교사교육 과정 및 초임 교사의 지원 방안에 대해 탐색하였다.

우리나라의 경우에도 ‘모델 개발하고 사용하기’에 관한 학생들의 학습, 학생들의 ‘질문하기’에 관한 연구, 교사의 과학적 모델이나 증거에 기반한 논증에 관한 이해 연구 등 개별 과학실천에 대한 학습이나 교사의 이해에 관한 연구를 찾을 수 있다(Kang, 2017; Oh & Kang, 2019; Oh & Oh, 2011). 한편, 2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 8가지 과학적 기능 혹은 과학실천 전체에 관한 교과서 활동 분석은 2009 개정 과학과 교육과정과 관련된 연구를 찾을 수 있으나 관련된 교사 수업 실천은 찾기 힘들다(Kang & Lee, 2013).

3. 과학 교과서의 학생 활동

우리나라의 교육 상황에서는 교육과정에서 의도한 학습이 교실에서 이루어지도록 안내하고 교수학습자료로서 중요한 역할을 하는 교과서의 분석이 많이 이루어져왔다. 따라서 교육과정의 변화에 따라 새로이 개발되는 교과서의 분석 연구가 지속적으로 이루어져 왔다. 가령, Park *et al.*(2022)은 역량중심교육과정인 2015 개정교육과정에 따라 저술된 중등 과학 교과서의 생물 다양성 단원에 포함된 학생 활동과 평가에 포함된 역량을 분석하였다. 이 분석에서는 특정 역량에 편중된 결과를 통해 균형된 역량 개발을 위한 노력의 필요성을 주장하였다. 이와 같은 맥락에서 교과서가 제시하는 과학실천의 성격이나 빈도는 교사가 과학과 교육과정에 제시된 과학적 기능을 이해하고 과학 수업을 설계하는 데 일차적 자료로서 역할을 한다(Park *et al.*, 2014). 마찬가지로 교과서를 통해 학생들이 과학실천에 노출이 되므로 교과서에 제시된 학생 활동에 포함된 과학실천의 분석은 학생들이 어떤 과학실천에 얼마나 노출되는지 알 수 있다. 이와 같은 맥락에서 Kang & Lee (2013)는 과학실천이 우리나라의 교육과정에 도입되기 전에 사용된 2009 개정 교육과정에 기반한 고등학교 물리 교과서에서 탐구 활동으로 제시된 학생 활동에 어떤 실천들이 반영되어 제시되고 있는지 분석하였다. 그 결과, ‘질문하기’는 거의 학생들에게 요구되지 않지만, ‘자료 분석하고 해석하기’, ‘설명 구성하기’가 각각 39%, 35%를 차지해 대부분을 이루고 있음을 보고하였다. 같은 목표로 Choi & Choi (2016)는 2009 개정 과학과 교육과정의 중학교 과학 교과서의 화학 단원, Kim *et al.* (2017)은 중학교 생물 단원에 제시된 학생 활동을 분석하여 특정 실천만 강조되는 유사한 결과를 제시하였다. 이 연구들은 과학의 영역과 무관하게 특정한 실천이 강조되는 결과를 보여준다. 학생들이 주도적으로 과학적 질문을 제시하는 활동은 공통적으로 거의 찾아볼 수 없고, 자료 분석하고 해석하는 활동과 설명을 구성하는 활동이 주도적인 것은 학생들이 교과서에서 제시된 주제를 정해진 과정에 따라 수행하여 산출한 자료의 분석을 통해 결과를 도출하는 전통적인 과학 내용을 검증하는 활동에 치중된 것을 보여준다. 결국 탐구 역량의 개발보다는 확증을 통한 과학 내용 이해 활동이 강조된 것이다. 이러한 연구의 결과를 통해 연구자들은 이구동성으로 다양한 과학실천에 노출될 필요성을 주장하였다. 이러한 교과서의 한계를 극복하는 데 교사의 역할이 중요하다는 점과 학생들이 탐구 문제를 제시하고, 탐구 과정을 설계하는 학생 주도형 활동이 더 많이 교과서에 제시될 필요성을 알 수 있다. 또한, ‘모형의 개발과 사용’이나 ‘증거에 기초한 토론과 논증’과 같은 실천을 통해 내용의 확증보다는 내용에 대해 비판적으로 탐색하고 스스로 이해를 구성하는 경험이 필요함을 알 수 있다.

과학실천에 관한 교과서 분석연구 문헌에서 2015 개정 교육과정에 기초한 연구는 최근 학위 논문에서 일부 이루어졌지만, 학술지에서 찾아보기 힘들다. 다만, Lee & Choi (2017)의 고등학교 통합과학 교육 과정에 제시된 탐구와 교육부 주도로 개발된 교육과정 자료를 분석한 연구를 찾을 수 있는데, 그 연구 결과 역시 이전 분석과 유사한 결과를 보여주고 있다. 그러나, 이 연구는 학교 현장의 교사와 학생 전체가 경험하는 교과서를 대상으로 하는 분석으로 보완될 필요가 있다. 결국, 우리나라 과학 교육과정에 과학실천이 도입되기 이전에는 특정 과학실천이 여러 과학영역에서 일관되게 강조되는 것을 볼 수 있으며,

2015 개정 과학 교육과정 관련 자료에서도 그 경향이 지속해서 관찰되어온 것을 알 수 있다. 따라서 2015 개정 과학과 교과서에서도 이러한 경향이 여전히 계속되는지 분석하고, 다가올 2022 개정 교육과정 및 교과서 저술에 시사점을 도출할 필요가 있다. 이는 우리나라의 교육 환경에서 교과서가 교수학습자료로 교육과정을 구체화하는 과정에서 중요한 역할을 차지하고 있다는 점에 비추어 필요한 연구이다.

III. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 2015 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 검정교과서 14종과 고등학교 통합과학 검정교과서 5종을 연구 대상으로 하였다. 이들 교과서 내용 중 고등학교 통합과학은 모든 단원을, 중학교 과학 교과서에서는 1학년 ‘과학과 나의 미래’, 2학년 ‘재해·재난과 안전’, 3학년 ‘과학 기술과 인류 문명’을 제외한 모든 단원을 분석 대상으로 하였다. 구체적인 교과서의 분석 대상으로 ‘탐구 활동’, ‘미니 탐구’ 등과 같이 ‘탐구’라는 단어가 들어간 활동뿐만 아니라, ‘해보기’, ‘배움활동’, ‘활동’, ‘핵심역량 키우기’, ‘토의 해보기’, ‘토론하고 글쓰기’, ‘사고력 기르기’, ‘물음’ 등 학생들이 수행하도록 제시된 모든 활동을 선정하였다. 결과적으로 교과서에서 내용 설명을 진술하는 문장과 내용이해 평가를 위한 부분을 제외한 대부분의 내용이 분석 대상이 되었다. 그 결과 선정된 학생 활동은 중학교 과학 교과서 14종에서 959개(68.5개/권), 고등학교 통합과학 교과서 5종에서 419개(83.8/권)로 총 1,378개이다. 각각의 활동에서 분석 단위로 과학실천

으로 구분이 되는 활동 요소를 추출하였는데, 과학실천으로 구분된 활동 요소는 한 개의 문구(예, “...하고, 궁금한점을 써보자.”)에서 세 개 또는 네 개의 문장(예, 자신의 입장 적기—모둠에서 토론하기—모둠 토론 정리·평가하기의 순으로 활동이 제시되어 ‘증거에 기초한 토론과 논증’으로 코딩)까지 그 규모가 차이를 보였다.

학생들에게 요구되는 활동의 의도를 파악하기 위한 보조자료로 교사용 지도서(초등)와 각 출판사에서 제공하는 해설이 포함된 교사용 교과서 및 교수학습 자료를 활용하였다.

2. 분석틀

교과서 활동에서 드러나는 과학실천의 종류를 분석하기 위해 NRC(2012)에서 제시된 8가지 과학실천 각각에 대한 정의와 하위 요소를 사용하였고, 학년 군별 수준을 분석하기 위해 NGSS의 부록 F에 제시된 학년 군별 기대되는 과학실천의 수준(NGSS Lead States, 2013)을 활용하였다. 이는 우리나라 2015 개정 과학과 교육과정이 과학적 기능의 정의를 제공하고 있지 않으나, 미국의 NGSS를 벤치마킹하여 개발된 점과 이미 해외에서 학생 탐구 활동 분석에서 NGSS의 과학실천을 활용하고 있어서 (e.g., Ndumanya, Ramnarain, & Wu, 2021) 추후 연구에서 해외 교육과정과의 비교에 본 연구의 결과가 활용이 가능하다는 점을 고려한 결정이다. 한 개의 실천에 관한 분석틀의 예시를 Table 2에 제시하였다. Table 2와 같이 하나의 실천에는 여러 가지 활동 요소가 가능하며 교과서에서는 과학 내용에 적절한 여러 실천 활동을 포함할 수 있다. Table 2는 학생들이 4개의 학년군에 따라 성장하면서 한 종류의 과학실천을 점점 심화된 수준으로

Table 2. Analytic framework (NRC, 2012, NGSS Lead States, 2013)

질문하기: 현상에 대해 경험적으로 답할 수 있는 질문을 구성하고, 이미 알려진 것을 확인하고, 아직 만족한 답을 얻지 못한 질문을 결정하는 능력 (활동 요소)	
(1) 자연과 인간이 만든 세상에 대해 질문하기 (2) 과학적 질문과 비과학적 질문을 구별하기 (3) 교실 내에서 자료를 이용하여 답을 할 수 있는 질문을 하고, 그 질문을 정교화하고, 그 질문을 이용하여 탐구 고안하기 (4) 논쟁의 전제를 확인하거나 부가 설명을 요청하는 질문하기. 탐구 문제를 정교화할 것을 요구하는 질문을 하거나 자료의 해석에 도전하는 질문하기 (5) 관찰에서 특징이나 패턴, 모순을 인식하고 그것들에 관한 질문하기	
학년 군별 기대되는 수행 수준 (NGSS Lead States, 2013/2016, 부록 F, p. 45참조)	
유치원 ~2학년	(111) 관찰에 기초한 질문을 하여 자연계 및 인공계에 관한 더 많은 정보를 찾는다. (112) 탐구조사로 답을 할 수 있는 질문을 식별하거나 제시한다.
3~5학년	(121) 변인이 바뀌면 어떤 일이 일어나는지를 질문한다. (122) 과학적(검증 가능한), 비과학적(검증 가능하지 않은) 질문을 구분한다. (123) 탐구조사가 가능한 질문을 하고 규칙성(예: 인과 관계)에 기초하여 타당한 결과를 예측한다. (124) 사전 지식을 사용하여 해결 가능한 문제를 서술한다.
6~8학년	(131) 현상, 모델 또는 예상치 못한 결과에 대한 주의 깊은 관찰을 통해 추가 정보를 명료화하거나 요청하는 질문을 한다. (132) 논증의 증거나 전제를 식별하거나 명료화하기 위한 질문을 한다. (133) 독립변인과 종속변인의 관계 및 모델 내에서의 관계를 결정하기 위해 질문을 한다. (134) 답하기에 충분하고 적절한 경험적 증거를 요구하는 질문을 한다. (135) 교실 안팎, 박물관, 그 외 공공시설 환경에서 가능한 자원을 활용하여 탐구조사 할 수 있는 질문을 한다. 가능하다면 관찰과 과학적 원리에 근거하여 가설을 설정한다. (136) 논증의 전제나 자료의 해석을 비판하는 질문을 한다.
9~12학년	(141) 현상이나 예상치 못한 결과에 대한 주의 깊은 관찰을 통해 추가 정보를 명료화하거나 요청하는 질문을 한다. (142) 모델이나 이론의 검토를 통해 추가 정보를 명료화하거나 요청하는 질문을 한다. (143) 독립변인과 종속변인 사이의 정량적인 관계를 포함한 관계들을 결정하기 위해 질문을 한다. (144) 모델, 설명 또는 공학 문제를 구체화하고 정교화하기 위해 질문을 한다. (145) 질문이 검증 가능한지, 적절한지 평가한다. (146) 학교 실험실, 연구기관 또는 현장(예: 교실 밖 환경)에서 자원을 활용하여 탐구조사 할 수 있는 질문을 한다. 가능하다면 모델 또는 이론에 근거하여 가설을 설정한다. (147) 논증의 전제, 자료의 해석 또는 설계의 적절성을 비판하는 질문을 하거나 질문을 평가한다.

로 학습할 것을 기대하는 의도된 교육과정을 보여준다. 따라서 2015 개정 과학과 교육과정에서 모든 학년군에 공통적으로 제시된 과학적 기능이 어떻게 학년의 수준에 맞추어 제시될 수 있는가에 대한 안내가 될 수 있어 과학실천의 수준을 분석하는 기준으로 적절하다고 하겠다. 다만, 미국의 학년군이 중등 수준에서 우리와 다른 점은 한계가 될 수 있다. 그러나 미국의 NGSS에서 제시하는 내용이 모든 고등학생 졸업생에게 요구되는 교육과정의 표준으로 제공되는 점(NGSS Lead States, 2013)을 고려할 때 우리나라 학생 대부분이 진학하는 고등학교의 공통 필수과목으로서의 통합과학을 NGSS의 고등학생 학년군(9~12학년)과 비교하는 것은 어느 정도 타당하다고 할 수 있다.

3. 분석 과정 및 분석 타당도 검증

자료의 코딩은 교과서의 각 학생 활동에 포함된 제시문과 활동 내용의 의도에 초점을 두고 어떠한 과학실천을 어느 수준으로 요구하는지 분석하였다. 두 명의 연구자가 분석틀과 함께 중학교 과학 교과서의 단원 1개와 고등학교 통합과학 교과서의 단원 1개를 함께 코딩하면서 분석틀에 대한 이해를 공유하고, 구체적인 사례를 작성하였다. 이 두 연구자의 코딩에서 불일치한 사례는 각 실천별로 0~15% 내외로 출현하였고, 이 경우 세 번째 연구자가 코딩한 후 세 연구자가 함께 논의하여 분석틀을 명료화하고, 코딩의 구체적인 사례집을 구축하였다. 분석틀 명료화와 사례집 구축 후 자료를 절반으로 나누어 두 명의 연구자가 각각 자료를 코딩하였다. 이 과정에서 각각의 연구

자에게 모호한 사례가 발생하면 세 연구자가 함께 논의하여 합의된 코딩 결과를 도출하였다. 개별 코딩 과정에서 모호한 사례는 많지 않았으나 주로 활동 수준 결정의 과정에서 발생하였다. 이 경우 세 연구자의 논의를 통해 함께 활동의 수준을 결정하였는데, 이 과정에서 교사용 지도서의 학생 활동 해설이 결정적인 자료로 활용이 되었다.

분석 단위는 하나의 활동에 대한 서술문으로 대부분 몇 가지의 활동 요소가 묶여서 하나의 주제를 이루어 제시되었다(Table 3). 한 개의 서술문은 대부분 하나의 실천을 반영하였고 대체로 해당 실천의 하나의 하위 요소를 나타내었다. 그러나 주제 전체의 활동을 파악했을 때 한 가지 활동의 서술문이 2가지의 실천 요소를 나타내는 것으로 분석되는 경우도 종종 발견되었다. 가령, Table 3의 주제 B 사례에서 세 가지의 활동에서 세 가지의 실천을 확인하였다. 하지만, 첫 번째 진술문의 경우 두 가지 실천(‘모형 개발하고 사용하기’, ‘수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기’)의 하위 요소(213과 534 코드)가 확인되었고, 마지막 활동의 진술문에서도 두 가지 실천의 요소(221 코드와 835 코드)가 함께 반영되는 것으로 분석되었다. 따라서 3가지의 활동에서 3가지 실천의 5개 하위 요소를 확인하였다. 이렇게 활동의 숫자보다 요소의 숫자가 더 많은 경우로 인해 전체 코딩된 요소의 빈도수는 활동의 수와 달랐다.

실천의 수준 판단에서는 여러 활동 요소가 묶여서 하나의 실천을 구성할 때 최고 수준의 활동 요소를 해당 실천의 수준으로 판단하였다. 가령, ‘자료 분석하고 해석하기’ 실천의 경우 학생들이 관찰 결과를 표로 작성하고 그래프를 그린 후 규칙성을 추론하는 활동으로 단

Table 3. Coding examples (Excerpts from textbooks are simplified unless directly quoted.)

교과서 활동 내용: 주제명과 활동	코딩 결과
A. 쇠구슬을 넣은 페트병 흔들기: “이 과정에서 발견한 점과 궁금한 점을 써 보자” (중학교 1학년 과학, B 출판사)	[질문하기] (111) 관찰에 기초한 질문을 하여 자연계 및 인공계에 관한 더 많은 정보를 찾는다
B. 지구 둘레 측정: “측정한 막대 사이의 거리 l 과 측정한 각 θ 를 각각 써보자. 막대 사이의 거리 l 과 각 θ 를 이용하여 지구 모형의 둘레를 구하는 비례식을 쓰고, 지구 모형의 둘레를 계산해보자.” “지구 모형의 축척을 이용하여 실제 지구의 둘레와 반지름을 계산해보자.” “위 활동으로 구한 지구의 둘레를 오늘날 인공위성으로 구한 값과 비교해보고, 차이가 난다면 그 까닭이 무엇인지 토의해보자.” (중학교 2학년 과학, D 출판사)	[모형 개발하고 사용하기] (213) 모형을 개발하고 사용하여 자연 및 인공계의 양, 관계, 상대적 크기 및 규칙성을 나타낸다. (221) 모형의 한계를 확인한다. (224) 모형을 개발하고 사용하여 현상을 기술하거나 예측한다. [수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기] (534) 과학적 질문에 수학 개념 및 과정(예: 비례, 비율, 퍼센트, 간단한 연산, 간단한 대수)을 적용한다. [정보를 얻고, 평가하고, 소통하기] (835) 글 또는 구두 발표를 통해 과학 및 기술 정보(예: 물체, 도구, 과정, 시스템에 관한 제안)를 소통한다.
C. 환경요인에 따른 광합성: “그래프는 빛의 세기, 이산화 탄소의 농도, 온도에 따른 식물의 광합성량을 나타낸 것이다. 위 자료를 근거로 빛의 세기, 이산화 탄소의 농도, 온도에 따라 광합성량이 어떻게 변하는지 설명해 보자.” “온도에 따라 광합성량이 어떻게 변하는지 확인할 수 있는 실험을 설계하여 발표해 보자.” (중학교 2학년 과학, M 출판사)	[조사 계획하고 수행하기] (331) 개인 또는 협동적으로 탐구조사를 계획한다. 그 계획 과정에서 종속변인, 독립변인, 통제변인, 자료 수집을 위한 도구, 측정값의 기록 방법, 필요한 자료의 양을 결정한다. [자료 분석하고 해석하기] (422) 논리적인 추론, 수학 및 전산을 통해 자료를 분석하고 해석하여 현상을 이해한다. [정보를 얻고, 평가하고, 소통하기] (835) 글 또는 구두 발표를 통해 과학 및 기술 정보(예: 물체, 도구, 과정, 시스템에 관한 제안)를 소통한다.
D. 전압, 전류, 저항 사이의 관계: “실험 결과를 이용하여 니크롬선에 걸리는 전압을 가로축, 전류를 세로축으로 하는 그래프를 각각 그려보자. 전압과 전류 사이에는 관계가 있는지 설명해 보자.” “전압이 같을 때 니크롬선의 길이에 따라 전류의 세기는 어떻게 달라지는가?” “실험 결과를 바탕으로 전압, 전류, 니크롬선의 길이 사이에는 어떤 관계가 있는지 모둠원들과 토의하고 그 결과를 정리하여 발표해 보자.” (중학교 2학년 과학, C 출판사)	[자료 분석하고 해석하기] (422) 논리적인 추론, 수학 및 전산을 통해 자료를 분석하고 해석하여 현상을 이해한다. (431) 방대한 자료를 도표(graphical)로 구성, 분석, 해석하여 선형, 비선형 관계를 확인한다. [설명 구성하기] (631) 현상의 서술 및 예측 변인 사이의 정량적 또는 정성적 관계가 있는 설명을 구성한다. [정보를 얻고, 평가하고, 소통하기] (835) 글 또는 구두 발표를 통해 과학 및 기술 정보(예: 물체, 도구, 과정, 시스템에 관한 제안)를 소통한다. (832) 글로 된 정성적 또는 정량적 과학, 기술, 정보를 매체나 시각 자료에 포함된 정보와 통합하여 주장과 연구 결과를 명료화한다.
E. 바이오연료: “바이오연료를 조사한 다음, 바이오연료 사용에 관한 자신의 입장을 글로 써보자.” “바이오연료 사용을 찬성하는 측과 반대하는 측으로 모둠을 나누어 찬반 토론을 해 보자.” (중학교 2학년 과학, D 출판사)	[증거에 기초하여 논의하기] (733) 경험적 증거와 과학적 논리에 의해 뒷받침되는 논증을 구두와 글로 구성, 사용하고 제시하여 현상이나 문제 해결책에 대한 설명이나 모형을 지지하거나 반박한다. (723) 제안된 절차, 설명, 모델에 관해 적절한 증거를 거론하거나, 구체적 질문을 제시하면서 동료들과 비평을 정중하게 주고받는다.

계적으로 제시가 되었을 때 표 작성은 단순 관찰 기록의 경우 초등학교 저학년 수준이고, 그래프 그리기는 자료의 규칙성을 나타내므로 초등학교 고학년 수준이며, 이를 근거로 학생들이 문제 현상을 해석하는 추론 활동은 중학생 수준으로 코딩이 되었다. 이를 종합하여 해당 활동 전체는 하나의 ‘자료 분석하고 해석하기’로 코딩을 하고, 수준은 각 활동 요소 중 최고 수준인 중학교 수준으로 결정하였다.

IV. 연구 결과

연구의 결과는 먼저 과학 수업에서 학생들이 얼마나 어떤 과학실천에 노출될 가능성이 있는지를 추정할 수 있는 기초 자료로서 중학교 과학과 고등학교 통합과학 교과서에 제시된 학생 활동에서 다루어지는 과학실천의 종류와 빈도를 제시하고, 그 수준을 미국의 과학교육 표준에서 제시하는 기대치를 바탕으로 판단하여 제시하였다.

1. 교과서에 제시된 과학실천의 빈도와 영역별 차이

과학의 영역에 따라 과학 활동의 성격이나 과정이 다를 수 있다는 문헌(Gray & Kang, 2013)에 따르면 과학 영역이 구분되는 단위별로 과학실천의 강조가 다를 수 있다. 가령, 실험으로 원리가 도출되는 내용이 주를 이루는 물리나 화학 영역의 경우 ‘조사 계획하고 수행하기’와 ‘자료 분석하고 해석하기’가 강조되는 반면, 다양한 자료를 수집하여 규칙성을 찾는 생물이나 지구과학 영역의 경우 ‘증거에 기초하여 논의하기’ 또는 ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’가 강조될 수 있다. 또한 미시적인 현상을 다루거나 규모가 큰 현상을 다루는 영역의 경우 ‘모형 개발하고 사용하기’가 강조될 수 있다. 따라서 교과서 학생 활동에서 보이는 과학실천의 빈도를 학년에 따른 단위별로 조사(Table 4)하고, 영역별로 분석하였다.

실천별 빈도수를 분석한 결과 2015 개정 교육과정에 따른 중학교

Table 4. Frequency of scientific practices by grade and unit

학년	교육과정에 제시된 단위	과학실천 빈도 (†는 평균 빈도보다 1SD 이상 높은 빈도)								합
		AQ	DM	DI	AD	UM	CE	AE	OI	
중 1	지권의 변화	0	10	2	28†	6	17	3	26	92
	여러 가지 힘	0	0	1	19	9	17	0	12	58
	생물의 다양성	0	4	5	15	0	18	2	37†	81
	빛과 파동	0	11	0	33†	7	13	0	20	84
	기체의 성질	1	23†	5	14	0	50†	0	23	116
	물질의 상태변화	0	9	5	18	0	35†	0	21	88
중 2	물질의 구성	0	15†	1	14	0	21	0	16	67
	전기와 자기	0	13	3	14	1	35†	0	23	89
	태양계	0	17†	0	22	10	15	0	18	82
	식물과 에너지	0	3	3	24	0	25	1	26	82
	동물과 에너지	0	15†	1	19	0	31	0	25	91
	물질의 특성	0	1	2	30†	5	29	0	13	80
중 3	수권과 해수의 순환	0	1	1	16	6	14	0	7	45
	열과 우리 생활	0	8	3	13	0	26	0	17	67
	화학 반응의 규칙과 에너지 변화	0	15†	0	23	8	29	0	19	94
	기권과 날씨	0	8	0	24	1	26	0	17	76
	운동과 에너지	0	0	1	21	12	17	0	14	65
	자극과 반응	0	8	2	6	2	10	0	25	53
고 1	생식과 유전	0	15†	1	30†	11	15	0	37†	109
	에너지 전환과 보존	0	0	0	15	6	16	0	16	53
	별과 우주	0	6	0	15	0	11	0	15	47
	물질의 규칙성과 결합	0	18†	3	24	0	19	4	25	93
	자연의 구성 물질	0	11	0	4	0	9	1	24	49
	역학적 시스템	0	0	0	10	1	24	0	14	49
고 1	지구 시스템	0	3	0	7	0	16	0	22	48
	생명 시스템	0	8	0	12	0	19	1	29	69
	화학 변화	0	5	2	21	0	29	0	26	83
	생물의 다양성과 유지	0	2	1	9	0	18	3	25	58
	생태계와 환경	1	1	1	11	5	16	8	39†	82
	발전과 신재생 에너지	0	0	1	12	2	39†	0	36†	90
합	2	230	44	523	92	659	23	667	2240	
	(0.1%)	(10.4%)	(2.0%)	(23.3%)	(4.1%)	(29.6%)	(1.0%)	(29.5%)	(100%)	
빈도 평균(표준편차)	0.07	7.65	1.47	17.43	3.07	21.97	0.77	22.23	74.67	
	(0.25)	(6.51)	(1.57)	(7.44)	(3.92)	(9.46)	(1.74)	(7.89)	(19.10)	

AQ 질문하기, DM 모형 개발하고 사용하기, DI 조사 계획하고 수행하기, AD 자료 분석하고 해석하기, UM 수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기, CE 설명 구성하기, AE 증거에 기초하여 논의하기, OI 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기

과학 및 고등학교 통합과학의 모든 검정교과서에서 ‘자료 분석하고 해석하기’, ‘설명 구성하기’, ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’가 대부분(83%)의 학생 활동을 차지하는 것으로 드러났다. 2009 개정 교육 과정에 따른 일부 교과서 분석 문헌에서 ‘자료 분석하고 해석하기’와 ‘설명 구성하기’가 대부분을 차지한다는 결과 (Kang & Lee, 2013; Kim et al., 2017)와 비교하면 ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’가 보다 강조된 변화를 확인할 수 있었다. 그러나, 다른 과학실천의 경우 10% 미만을 차지하여 여전히 교사나 학생들이 교과서를 통해 다양한 과학실천에 노출되기에는 한계가 있음이 드러났다.

단원별 차이를 확인하기 위해 전체 빈도의 10% 이상이 되는 실천 별로 빈도수 평균보다 1 표준편차(SD)만큼 빈도수가 높은 단원을 확인해보았다. ‘모형 개발하고 사용하기’의 경우 기체의 성질, 물질의 구성, 태양계, 동물과 에너지, 화학 반응의 규칙과 에너지 변화, 생식과 유전, 물질의 규칙성과 결합 단원이 상대적으로 더 많이 강조하는 것으로 드러났다. 입자모형으로 다루어지는 대부분의 화학 단원이 포함된다는 점, 태양계와 같이 모형을 사용하는 대표적인 단원이 포함된 결과는 과학 지식의 특성이 실천에 반영될 수 있음을 보여준다. 그러나, 다른 실천에서는 이와 같은 관련성이 명확히 드러나지는 않았다. ‘자료 분석하고 해석하기’ 실천의 경우는 지권의 변화, 빛과 파동, 물질의 특성, 생식과 유전 단원이 포함되어 다루어지는 내용과의 연계가 명확하지 않았다. 마찬가지로 ‘설명 구성하기’의 경우는 ‘기체의 성질’, ‘물질의 상태변화’, ‘전기와 자기’, ‘발전과 신재생 에너지’ 단원이 포함되었고, ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’ 실천에서는 ‘생물의 다양성’, ‘생식과 유전’, ‘생태계와 환경’, ‘발전과 신재생 에너지’가 포함이 되어 뚜렷한 내용과 실천의 연계가 보이지 않았다.

단원별 비교에서 드러나지 않은 규칙성을 알아보기 위해 과학 영역 별 과학실천의 강조를 비교하였다. 중학교의 경우 각 단원이 하나의 과학영역을 대표하므로 같은 영역으로 단원을 묶어 분석한 결과 실천의 개수는 화학 영역이 445개로 가장 많았으며, 지구과학 영역이 342개로 가장 적어서 영역별 실천의 강조 정도가 차이가 남을 알 수 있었다. 그러나 전체적인 경향성인 3개의 실천이 대부분을 차지한다는 결과는 여전히 모든 영역에서 공통으로 나타났다. 물리학 영역에서 82%, 화학 영역은 80%, 생명과학 영역은 83%, 지구과학 영역은 79%가 ‘자료 분석하고 해석하기’, ‘설명 구성하기’, ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’가 차지하였다.

한편, 물리학과 화학 영역의 경우 여러 실천 중 ‘설명 구성하기’를 상대적으로 가장 많이 강조했고, 생명과학 영역의 경우 ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’, 지구과학 영역의 경우 ‘자료 분석하고 해석하

기’가 영역 내에서 가장 강조하는 과학실천 활동으로 드러났다. 이는 과학탐구의 형태가 과학 분야에 따라 다르다는 문헌의 결과와 일맥상 통한다고 할 수 있다.

빈도수가 적은 ‘모형 개발하고 사용하기’의 경우 화학 영역에서 상대적으로 비중이 높았고, 물리학과 지구과학 영역에서는 ‘수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기’의 비중이 다른 영역에서보다 더 높았다. 한편, 학생들이 주도적으로 과학탐구를 하는 활동에서 필요로 하는 ‘질문하기’, ‘조사 계획하고 수행하기’, ‘증거에 기초하여 논의하기’는 모든 영역에서 거의 활용되지 않았다.

2. 교과서에 제시된 과학실천 별 수준

여기서는 먼저 전체 실천의 대부분을 차지하는 실천의 수준을 탐색하여 교과서의 학생 활동의 전반적인 수준을 탐색하고, 빈도가 상대적으로 낮은 실천의 수준을 이후 탐색하였다.

가. 빈도가 높은 실천의 수준

교과서에 제시된 실천의 83%를 차지하는 ‘자료 분석하고 해석하기’, ‘설명 구성하기’, ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’가 미국의 과학교육표준에서 기대치로 제시되는 학년군 별 수준에 비해 어떤 수준으로 제시되어 있는지 분석하였다(Table 6). ‘자료 분석하고 해석하기’는 중학교 과학의 해당 실천 중 70%가 초등학교 고학년 수준(미국의 3~5학년)의 활동으로 제시되었고, 이는 영역별 차이가 없었다. 남은 30% 중 22%는 초등학교 저학년 수준(미국의 유치원부터 2학년)으로 제시되어 중학교 수준(미국의 6~8학년)의 활동은 낮은 비율을 차지하는 것으로 드러났다. 이는 고등학교 통합과학에서도 마찬가지로였다. 전체 ‘자료 분석하고 해석하기’ 실천의 69%가 초등학교 고학년 수준이었고, 19%가 초등학교 저학년 수준의 활동이었다.

초등학교 저학년 수준의 ‘자료 분석하고 해석하기’는 관찰 결과의 단순 기록, 관찰 결과를 그림이나 글쓰기 등으로 나타내고 공유하기, 관찰 결과와 예측 비교하기 등의 수준이다(NGSS Lead States, 2013). 이러한 수준의 교과서 활동의 사례로 한 중학교 3학년 과학 교과서의 물체에 비춘 광원의 색에 따른 물체의 색깔을 탐색하는 활동을 들 수 있다. 이 활동에서 자료 분석하고 해석하기 실천으로 물체를 비춘 광원의 색과 그로부터 보이는 물체의 색을 관찰하여 학생들이 표로 단순 기록하는 활동과 예측과 관찰을 비교하는 활동이 제시되었다. 초등학교 고학년 수준의 ‘자료 분석하고 해석하기’는 자료를 표와

Table 5. Frequency of scientific practices by science area († The most frequent in each disciplinary area.)

중학교 교과서 과학영역	과학실천 빈도								합
	AQ	DM	DI	AD	UM	CE	AE	OI	
물리학	0 (0.0%)	32 (7.7%)	8 (1.9%)	115 (27.6%)	35 (8.4%)	†124 (29.8%)	0 (0.0%)	102 (24.5%)	416 (100.0%)
화학	1 (0.2%)	63 (14.2%)	13 (2.9%)	99 (22.2%)	13 (2.9%)	†164 (36.9%)	0 (0.0%)	92 (20.7%)	445 (100.0%)
생명과학	0 (0.0%)	45 (10.8%)	12 (2.9%)	94 (22.6%)	13 (3.1%)	99 (23.8%)	3 (0.7%)	†150 (36.1%)	416 (100.0%)
지구과학	0 (0.0%)	42 (12.3%)	3 (0.9%)	†105 (30.7%)	23 (6.7%)	83 (24.3%)	3 (0.9%)	83 (24.3%)	342 (100.0%)
합	1(0.1%)	182(11.2%)	36(2.2%)	413(25.5%)	84(5.2%)	470(29.0%)	6(0.4%)	427(26.4%)	1619(100%)

AQ 질문하기, DM 모형 개발하고 사용하기, DI 조사 계획하고 수행하기, AD 자료 분석하고 해석하기, UM 수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기, CE 설명 구성하기, AE 증거에 기초하여 논의하기, OI 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기

Table 6. Levels of scientific practices per disciplinary area: Frequent practices

학년군 (미국 표준 기준)	수준별 과학실천 빈도 자료 분석하고 해석하기 (AD)					
	물리학(115)	화학(99)	생명과학(94)	지구과학(105)	중학 합계(413)	통합과학(110)
유치원-2학년	49	5	19	16	89	21
3-5학년	46	85	73	87	291	76
6-8학년	20	9	2	2	33	13
9-12학년	0	0	0	0	0	0
	설명 구성하기 (CE)					
	물리학(124)	화학(164)	생명과학(99)	지구과학(83)	중학 합계(470)	통합과학(189)
유치원-2학년	1	1	1	2	5	0
3-5학년	30	42	38	41	151	35
6-8학년	93	121	60	40	314	154
9-12학년	0	0	0	0	0	0
	정보를 얻고, 평가하고, 소통하기 (OI)					
	물리학(102)	화학(92)	생명과학(150)	지구과학(83)	중학 합계(427)	통합과학(240)
유치원-2학년	0	0	0	0	0	0
3-5학년	79	75	136	62	352	153
6-8학년	23	17	14	21	75	65
9-12학년	0	0	0	0	0	22

AQ 질문하기, DM 모형 개발하고 사용하기, DI 조사 계획하고 수행하기, AD 자료 분석하고 해석하기, UM 수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기, CE 설명 구성하기, AE 증거에 기초하여 논의하기, OI 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기

그래프를 통해 나타내어 규칙성을 보이는 활동, 여러 모둠에서 수집한 자료를 비교하고 종합하는 활동, 논리적 추론이나 수학 등을 적용해 자료를 분석하고 해석하여 현상을 이해하는 활동 등을 포함한다. 이러한 수준의 예로 한 중학교 3학년 과학 교과서의 산화구리 형성 과정에서 일정 성분비를 확인하는 활동을 들 수 있다. 이 활동에서 학생들이 구리의 질량에 따른 결합한 산소의 질량을 그래프로 나타내 일정한 비율로 결합한다는 규칙성을 확인하도록 제시되었다.

중학교 수준의 ‘자료 분석하고 해석하기’ 활동은 방대한 자료를 분석하여 선형, 비선형적 관계를 확인하기, 자료에서 인과 또는 상관관계 변별하기, 자료 분석의 한계를 인식하고 개선방안 적용 또는 도출하기, 자료 분석 결과를 증거로 제시하기 등이 있다. 이 수준의 활동 예로 한 중학교 과학 2학년 교과서에서 제시된 광합성 탐구 활동이 있다. 여기서는 광합성이 일어나는 장소와 광합성으로 생성되는 물질을 검정말을 이용하여 탐구하는데 학생들이 생성 장소 및 물질에 대한 추론을 관찰 자료를 근거로 설명하는 실천이 포함되었다. 마지막으로 고등학교 수준(미국의 9~12학년)의 ‘자료 분석하고 해석하기’는 자료를 분석하고 해석할 때 자료 분석의 한계를 인식하기, 다양한 유형의 자료를 비교하고 대조하여 측정과 관찰 결과의 일관성 탐색하기, 탐구 문제에 통계와 확률 개념을 적용하고 디지털 도구 사용하여 자료 분석하기 등을 포함한다. 그 예로는 고등학교 통합과학 교과서에서 자유 낙하 운동의 분석 활동 중 측정값의 오차를 고려하여 측정치에서 드러나는 규칙성을 그래프로 나타낼 때 추세를 그리게 하는 활동을 들 수 있다.

‘설명 구성하기’ 실천과 ‘정보 평가하고, 소통하기’ 실천의 경우에는 ‘자료 분석하고 해석하기’와는 달리 초등학교 저학년 수준의 활동은 거의 없었다. ‘설명 구성하기’의 경우는 대부분의 활동(67%)이 중학교 수준으로 제시었고, 나머지 대부분의 활동(32%)은 초등학교

고학년 수준으로 제시되었다. 이는 통합과학도 유사한 경향이었다. 한편, ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’ 활동의 경우는 ‘자료 분석하고 해석하기’와 마찬가지로 초등학교 고학년 수준의 활동이 대부분(82%)이었다. 다만, 나머지 활동(18%)이 중학교 수준이었다. 고등학교 통합과학도 같은 경향을 보였다.

‘설명 구성하기’는 대략 초등학교 저학년 수준에서는 관찰에 근거한 설명하기, 초등학교 고학년 수준에서는 증거를 사용하여 설명하기, 중학교 수준에서는 정량적 또는 정성적 관계에 기초하여 설명하기, 고등학교 수준에서는 과학적 원리를 적용하여 근거에 기초하여 설명하기의 수준으로 구분된다(NGSS Lead States, 2013). 교과서에 제시된 활동 중 중학교 수준의 예시로는 한 중학교 3학년 과학 교과서에서 제시한 자유 낙하 운동 실험을 들 수 있다. 여기서는 학생들이 가속도가 질량과 무관한 것을 검증하는 실험을 시행하고, 질량과 속력 변화의 관계를 설명하게 하였다. 이보다 낮은 초등학교 고학년 수준의 예로는 한 중학교 2학년 과학 교과서에서 제시한 음식물의 영양소 검출 활동을 들 수 있다. 이 활동 중 학생들이 실험 결과를 이용하여 영양소 검출 방법을 설명하게 하는 부분이 초등학교 고학년 수준에 해당하였다.

‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’ 실천의 경우 대략 초등학교 저학년 수준에서는 다양한 매체로부터 학생의 읽기 능력에 적절한 정보를 얻기, 초등학교 고학년 수준에서는 다양한 매체의 정보를 이해하고 종합하여 소통하기, 중학교 수준에서는 정보를 비판적으로 읽어 파악하고, 타당성을 평가하고, 주장과 연계하여 제시하기, 고등학교 수준에서는 복잡한 정보를 단순화하여 정리하고, 정보를 평가하여 유용성을 판단하고, 정보에서 드러나는 방법 등의 타당성을 평가하고 검증하기의 수준으로 구분된다. 교과서 활동의 최빈도의 수준은 초등학교 고학년 수준이었는데 가령, 한 중학교 2학년 과학 교과서에서

제시한 태양의 활동이 지구에 미치는 영향을 탐색하는 활동을 예로 들 수 있다. 이 활동에서는 학생들이 태양의 활동성과 그 활동이 지구에 미치는 영향 사이의 관계를 조사한 뒤, 이를 보고서로 정리하고 발표함으로써 정보를 구두 및 글로 소통하도록 하였다. 따라서 학생들이 초등학교 고학년 수준인 과학적 정보를 다양한 형태의 매체로 얻고 소통하는 실천에 참여하는 기회를 제시하였다. 중학교 수준 활동의 예로는 한 중학교 1학년 과학 교과서에서 제시한 우주에서의 무게와 질량 구분하기 활동인데 여기서는 교과서에서 우주 정거장에서 촬영한 실험에 대한 글과 이에 대한 시각 자료를 제시하고 이를 바탕으로 학생들이 두 공을 동시에 붙였을 때 움직이는 정도가 다른 것에 대해 토의하여 주장을 제시하도록 하고 있다. 따라서 이는 중학교 수준의 다양한 매체의 정보를 이해하고 종합하여 주장과 연계하여 제시하는 활동에 해당한다.

종합하면, 교과서에 제시된 실천 중 전체 활동의 29%를 차지하는 ‘설명 구성하기’ 실천의 경우만 대부분이 중학교 수준으로 제시되었고, 빈도가 높은 다른 두 개의 실천(‘자료 분석하고 해석하기’, ‘정보를 얻고 평가하고 해석하기’)은 대부분 초등학교 고학년 수준으로 학생의 학년보다 수준이 낮았다. 특히 미국의 학년 기준으로 중학교 수준은 중학교 3학년 수준을 포함하지 않으므로, 중학교 과학 대부분의 실천 활동이 초등학교 고학년부터 중학교 2학년 수준 이내의 수준임을 알 수 있다. 이러한 경향은 고등학교 통합과학에서도 같이 통합과학 교과서를 통해서도 학생들이 고등학교 수준의 실천에 거의 노출되지 않는 것을 알 수 있었다.

나. 빈도가 낮은 실천의 수준

전체 실천 활동 중 10.4%를 차지하는 ‘모형 개발하고 사용하기’와 4.1%를 차지하는 ‘수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기’ 역시 낮은 수준으로 제시됨이 확인되었다(Table 7). ‘모형 개발하고 사용하기’의 경우 중학교 과학은 대부분(80%)이 초등학교 고학년 수준이었고, 통합과학의 경우 절반이 조금 넘는 수(56%)가 중학교 수준이었고, 고등학교 수준은 6%에 그쳤다. ‘수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기’의 경우는 중학교 과학과 통합과학이 공통으로 대부분이 중학교 수준이었다.

V. 결론 및 제언

교과서의 과학실천의 유형 별 빈도수 분석 결과, 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서 분석연구와 유사하게 여전히 ‘과학적 질문하기’ 실천은 2015 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 및 고등학교 통합과학 교과서에서 거의 보기 힘들었다. 이전 연구에 비추어 보면 교과서에서 과학적 질문은 주로 학생들에게 제시되어, 학생들이 스스로 탐구 문제를 만들어내는 활동이 많이 제시되지 않았다(Oh & Kang, 2019; Kang, & Lee, 2013). 학생들이 실행하도록 의도된 과학실천 활동은 세 가지 실천에 편중되어 있었으며, 이전 연구와 다른 점으로 ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’ 실천의 빈도가 높아져, 정보화 사회에 따른 변화를 반영한 특성이 드러났다. 그러나, 과거 과학탐구 과정에서 강조되지 않았던 ‘모형 개발하고 사용하기’, ‘수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기’, ‘증거에 기초하여 논의하기’를 학생 활동에서 찾기 힘들었던 점은 교과서가 과거의 탐구 기능에 여전히 치중되어 있음을 보여준다고 할 수 있다. 더구나 최근 강조되고 있는 ‘증거에 기초하여 논의하기’와 같은 실천의 부재는 앞으로 더욱더 중요해질 비판적 사고를 위한 과학 내용과 관련된 실천의 모습을 교과서가 보여주고 있지 못함을 의미한다.

한편, 교과서에 제시된 과학실천 활동의 수준 분석 결과에서 교과서의 내용 지식을 가장 잘 반영할 것으로 기대되는 ‘설명 구성하기’ 실천 활동과 ‘수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기’를 제외하고는 대부분이 교과서 사용 학생의 학년군에 비해 낮은 수준이라는 결과는 중요한 시사점을 던진다. 특히 통합과학의 실천 활동 중 ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’와 ‘모형 개발하고 사용하기’의 일부만 9-12학년군(중3~고등학교) 수준에 있고, ‘설명 구성하기’를 포함해 대부분 중학교 2학년 수준에 머물러 있다는 것은 앞으로 개정되는 교육과정에 따른 통합과학 교과서 저술에 제시할 학생 활동의 수준에 대한 신중한 접근을 요구한다.

교과서가 교육과정을 실천적 내용으로 구체화하여 직접적으로 학생과 교사의 인식, 행동 및 태도에 영향을 준다는 점에서 대부분의 학생 활동이 낮은 수준으로 제시된 것은 교사나 학생들에게 낮은 기대 수준을 보여준다는 점을 드러낸다. 또한, 교사가 교과서 활동을 수업

Table 7. Levels of scientific practices per disciplinary area: Less frequent practices

학년군 (미국 표준 기준)	수준 별 과학실천 빈도 모형 개발하고 사용하기 (DM)					
	물리학(32)	화학(63)	생명과학(45)	지구과학(42)	중학 합계(182)	통합과학(48)
유치원-2학년	1	1	2	2	6	0
3-5학년	29	53	30	34	146	18
6-8학년	2	9	13	5	29	27
9-12학년	0	0	0	1	1	3
	수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기 (UM)					
	물리학(35)	화학(13)	생명과학(13)	지구과학(23)	중학 합계(84)	통합과학(8)
유치원-2학년	2	0	0	0	2	0
3-5학년	3	0	0	0	3	0
6-8학년	28	13	13	22	76	8
9-12학년	2	0	0	1	3	0

AQ 질문하기, DM 모형 개발하고 사용하기, DI 조사 계획하고 수행하기, AD 자료 분석하고 해석하기, UM 수학 및 컴퓨팅 사고 이용하기, CE 설명 구성하기, AE 증거에 기초하여 논의하기, OI 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기

에 그대로 활용할 경우, 수준이 낮은 활동으로 인해 학생들의 흥미를 낮출 수 있다. 가령, 중학생이나 통합과학을 이수하는 고등학생들이 반복적으로 현상을 관찰하고 표에 기록하는 초등학교 저학년 수준의 활동, 한 가지 활동의 자료에서 드러난 규칙성만 파악하는 초등학교 고학년 수준의 활동을 수행할 뿐 중학생 수준에서 가능한 자료의 규칙성을 일반화하는 추론이나 다양한 형태의 자료를 종합하는 창의적 활동의 경험을 충분히 하지 못한다면 과학을 단순한 활동으로 파악하여 왜곡된 과학에 대한 관점을 가질 수 있고, 충분한 준비 없이 고급 과학 과정을 이수하게 되어 어려움을 겪을 수 있다. 또한, 다수의 학생이 중학교 과학과 통합과학 이후 과학을 거의 이수하지 않는다는 점을 고려할 때, 이러한 낮은 수준의 몇 종류의 실천에 반복적으로 노출된다는 것은 다수의 미래 시민이 이해하는 과학실천이 특정 활동으로 한정되거나, 중학교 이하의 수준에 머무를 수 있음을 암시한다.

이러한 연구 결과로부터 명백히 학생 수준에 맞춘 다양한 실천의 강조가 필요하다는 시사점을 도출할 수 있다. 이를 위해 앞으로 개정될 교육과정 관련 문서에서는 현재 2015 개정 과학과 교육과정에 명시되지 않은 과학적 기능의 정의, 과학적 기능별 학생들에게 기대되는 학년 군별 수준을 제시하여 교육과정이 교과서 저술에 충분한 안내가 될 수 있도록 하는 것이 필요하다. 또한, 본 연구에서 드러난 과학내용과 실천의 종류가 관련될 수 있다는 결과 역시 교육과정 구성과 안내 문서에 제시하여 과학지식과 실천의 특성이 내용 이해와 어우러질 수 있도록 안내할 필요가 있다. 이를 통해 학생들의 과학실천에 대한 이해, 과학지식의 본성에 대한 이해를 효율적으로 도모할 수 있을 것이다. 이러한 노력에는 해외 교육과정에 대한 벤치마킹뿐만 아니라 학생들의 실천 능력과 수준을 탐색하는 연구(e.g., Ke & Schwarz, 2021; Oh & Kang, 2019), 과학실천과 과학내용과의 연관성 분석 연구(e.g., Gray & Kang, 2014), 과학교사의 과학실천에 대한 이해(e.g., Kang, 2017; Oh & Oh, 2011) 연구가 뒷받침이 되어야 할 것이다.

반세기 넘게 과학탐구는 국내외 과학교육에서 중요한 교육의 목적이자 방법이었으며, 2015 개정 과학과 교육과정에서는 실제 과학자들의 활동에 근사하여 최근 도입된 과학실천을 반영한 과학적 기능으로 용어를 전환하여 강조하고 있다. 과학실천의 강조는 과학교육의 목표가 되는 동시에 학생주도형 수업이 강조되는 최근 교육 경향을 지원하는 과학교육의 중요한 전략이 된다. 하지만 학생 주도형 과학학습의 중요 요소가 될 수 있는 ‘질문하기’ 실천은 여전히 교과서에서는 거의 찾을 수 없고, 전통적 탐구에서 간과되어왔던 ‘모형 개발하고 사용하기’, ‘수학 및 컴퓨팅 사고 사용하기’, ‘증거에 기초하여 논의하기’와 같은 활동 역시 많지 않다는 본 연구 결과는 과학 교육과정과 이를 바탕으로 하는 교과서에 과거보다 더 많은 변화가 필요하다는 것을 보여준다. 이러한 교수학습자료의 지원 없이 교사들에게 다양한 과학실천을 적절한 수준으로 학생들이 수업 시간에 실행하도록 지도하기를 기대하는 것은 의도된 교육과정의 실행에 비효과적일 수밖에 없다.

몇 개의 실천에 치중된 교과서의 학생 활동의 수준이 학생의 수준에 비해 대부분 낮은 수준으로 제시된 것은 지난 교육과정 개정 과정 중 내용의 적정화 과정에서 내용의 적정화가 수준의 저급화로 변질된 것이 아닌지 재고할 필요성을 제시한다. 학생들이 다양한 활동을 통해 과학의 내용과 방법을 학습한다고 볼 때 교육과정이나 관련 교수 학습 자료에서 과학실천을 정의하고, 학년 군별 적절한 수준을 제시하는 과정에서 이러한 성찰이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구는 교과서에서 제시된 학생 활동을 분석한 결과로 학교 현장에서 실제 이루어지는 실행된 교육과정 연구가 후속 연구로 필요하다. 과연 교사나 학생들은 교과서에 제시된 활동들이 학년의 수준에 적절하다고 인식하는지, 교사는 교과서의 활동을 얼마나 활용하는지, 어떤 방식으로 확장 또는 축소하거나 수준을 높이거나 낮추어 실행하는지에 관한 연구를 통해 본 연구의 결과를 교사와 학생의 인식, 학교 현장의 실행 형태와 비교할 필요가 있다. 또한, 본 연구에서 활용된 과학실천의 학년군 별 수준은 이론적으로 도출된 것이므로, 학생들의 학년군 별 과학실천의 진전에 대한 연구를 통해 과학실천에 관한 의도된 기대 수준에 대한 검토도 필요하다.

국문요약

이 연구는 다가오는 2022 개정 과학과 교육과정, 이를 바탕으로 하는 교과서 저술 및 새 교육과정 실행 관련 과학교사 연수에 기초 자료를 제공하고자 2015 개정 과학과 교육과정에서 새로이 도입된 8가지 과학 교과서의 ‘기능’의 바탕이 되는 과학실천이 얼마나 어떤 수준으로 교과서에 반영이 되고 있는지 분석하였다. 중학교 검정교과서 14종과 고등학교 통합과학 교과서 5종에 제시된 1,378개의 학생 활동을 과학실천의 정의와 수준을 분석틀로 활용하여 분석하였다. 연구 결과 모든 학년의 교과서에서 대부분의 학생 활동이 3개의 실천에 집중된 것으로 밝혀졌고, 이전 교과서 분석 연구 결과와 달리 ‘정보를 얻고, 평가하고, 소통하기’ 실천이 더 많이 강조된 것으로 정보화 사회에 따른 변화를 반영한 것으로 드러났다. 하지만 학생 주도형 과학학습의 중요 요소가 될 수 있는 ‘질문하기’ 실천은 여전히 교과서에서는 거의 찾을 수 없고, 과학실천에 대한 최근의 이해를 반영하는 ‘모형 개발하고 사용하기’, ‘수학 및 컴퓨팅 사고 사용하기’, ‘증거에 기초하여 논의하기’는 많이 다루어지지 않는 것으로 드러났다. 한편, 교과서에 제시된 실천의 수준은 ‘설명 구성하기’ 실천을 제외하고는 대부분이 초등학교 수준으로 드러났다. 다수의 학생이 중학교 과학과 통합과학 이후 과학을 거의 이수하지 않는다는 점을 고려할 때, 이러한 낮은 수준의 일부 실천에 반복적으로 노출된다는 것은 다수의 미래 시민이 이해하는 과학실천이 일부 활동으로 인식되고, 중학교 이하의 수준에 머무를 수 있음을 암시한다. 이러한 연구 결과로부터 학생 수준에 맞춘 다양한 실천의 강조가 필요하다는 시사점을 도출할 수 있다. 새 교육과정에서는 현재 교육과정 문서에 명시되지 않은 과학적 기능의 정의, 과학적 기능별 학생들에게 기대되는 수준을 제시하여 교육과정이 교과서 저술에 충분한 안내가 될 수 있도록 하는 것이 필요하다. 이러한 노력에는 해외 교육과정에 대한 벤치마킹, 학생들의 실천 능력과 수준을 탐색하는 연구, 교실 수업에서 이루어지는 과학실천에 관한 연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

주제어 : 과학실천, 과학실천의 수준, 과학 교과서

References

- Arias, A. M., Davis, E. A., Marino, J.-C., Kademian, S. M., & Palincsar, A. S. (2016). Teachers' use of educative curriculum materials to engage students in science practices. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1504-1526. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1198059>
- Ball, D. L., & Cohen, D. K. (1996). *Reform by the book: What is-or might*

- be-the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform? *Educational Researcher*, 25(9), 6-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X025009006>
- Bismack, A. S., Davis, E. A., & Palincsar, A. S. (2022). Science practice-readiness: Novice elementary teachers' developing knowledge of science practices. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.21698>
- Brandwein, P. F., & Schwab, J. J. (1962). *The teaching of science: The teaching of science as enquiry and Science in the Elementary School*. Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1999). *The Process of Education*. Harvard University Press.
- Chen, Y., & Terada, T. (2021). Development and validation of an observation-based protocol to measure the eight scientific practices of the next generation science standards in K-12 science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(10), 1489-1526. <https://doi.org/10.1002/tea.21716>
- Choi, M., & Choi, A. (2016). Analysis of activities in chemistry chapters of middle school science textbooks for the 2009 revised science curriculum: Focus on 8 science practices. *Journal of the Korean Chemical Society*, 60(6), 436-451. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2016.60.6.436>
- Collins, H., & Pinch, T. (2012). *The Golem: What everyone should know about science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Davis, E. A., & Krajcik, J. S. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34(3), 3-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X034003003>
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education*. Macmillan. <https://doi.org/10.1086/591813>
- González-Howard, M., & McNeill, K. L. (2020). Acting with epistemic agency: Characterizing student critique during argumentation discussions. *Science Education*, 104(6), 953-982. <https://doi.org/10.1002/sce.21592>
- Gray, R., & Kang, N.-H. (2014). The structure of scientific arguments by secondary science teachers: Comparison of experimental and historical science topics. *International Journal of Science Education*, 36(1), 46-65. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.715779>
- Jeon, Y. B., & Lee, Y. H. (2020). Analysis of the nature of science (NOS) in Integrated Science textbooks of the 2015 Revised Curriculum. *Journal of Science Education*, 12(3), 273-288. <http://dx.doi.org/10.21796/jse.2020.44.3.273>
- Kang, N.-H. (2017). Korean teachers' conceptions of models and modeling in science and science teaching. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 143-154.
- Kang, N.-H., & Lee, E. M. (2013). An analysis of inquiry activities in high school physics textbooks for the 2009 revised science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 132-143. <https://doi.org/10.14697/jkase.2013.33.1.132>
- Kang, N.-H., & Wallace, C. S. (2005). Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices. *Science Education*, 89(1), 140-165. <https://doi.org/10.1002/sce.20013>
- Ke, L., & Schwarz, C. V. (2021). Supporting students' meaningful engagement in scientific modeling through epistemological messages: A case study of contrasting teaching approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(3), 335-365. <https://doi.org/10.1002/tea.21662>
- Kim, M., Hong, J., Kim, S.-H., & Lim, C.-S. (2017). Analysis of inquiry activities in the life science chapters of middle school science textbooks: Focusing on science process skills and 8 scientific practice. *Journal of Science Education*, 41(3), 318-333.
- Korean Ministry of Education (2015a). *Science Curriculum*. Sejong-si, South Korea: Author.
- Korean Ministry of Education (2015b). *Curriculum Commentary*. Sejong-si, South Korea: Author.
- Kuhn, T. E. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lee, J. & Choi, A. (2017). An analysis of 8 scientific practices included in the 2015 revised science curriculum and teaching-learning materials: Focusing on the integrated science. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(17), 85-111.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC.: Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education.
- Ndumanya, E., Ramnarain, U., & Wu, H.-K. (2021). An analysis of selected south african grade 12 physical sciences textbooks for the inclusion of the NGSS science practices. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 21(3), 539-552. <https://doi.org/10.1007/s42330-021-00169-z>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The National Academies. <https://www.nextgenscience.org/standards/standards>
- NGSS Lead States. (2016). *Next Generation Science Standards: For States, By States (Vol. 2)(N.-H. Kang trans.)*. KOFAC (Original work published 2013).
- Null, W. (2016). *Curriculum from Theory to Practice (2nd ed.)*. Rowman & Littlefield.
- Oh, K., & Kang, N.-H. (2019). Participation patterns of elementary students in scientific problem finding activities. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0039-6>
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Park, S., Hwang, S., & Chung, S. (2022). Analysis of science core competencies in the biological diversity unit in accordance with the 2015 Revised Science Curriculum. *Journal of Research in Curriculum & Instruction Education*, 26(1), 1-12.
- Park, K., Kang, E., & Kim, J. (2014). The analysis of the aspects of science writing in high school science textbooks based on the 2009 revised national curriculum. *Journal of Science Education*, 38(2), 344-355. <https://doi.org/10.21796/jse.2014.38.2.344>
- Pickering, A. (1995). *The mangle of practice: Time, agency and science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Song, N., Hong, J., & Noh, T. (2020). Analysis of external representations in matter units of 7 th grade science digital textbooks developed under the 2015 Revised National Curriculum. *Journal of the Korean Chemical Society*, 64(6), 416-428.
- Song, J. & Na, J. (2015). Directions and issues of 2015 National Science Curriculum and their implications to science classroom culture. *School Science Journal*, 9(2), 72-84.
- Yoon, G. M., & Hong, Y. (2021). A study on vocabulary and sentence level through readability analysis of 2015 Revised Elementary Science Textbook. *Journal of Science Education*, 45(3), 317-325.

저자정보

강남화(한국교원대학교 교수)
이혜림(춘천여자고등학교 교사)
이상민(한국교원대학교 대학원생)