



과학 교과서 개발 과정에서 교육과정 적용에의 고민과 어려움 -2022 개정 과학과 교육과정의 ‘통합과학’을 중심으로-

이봉우¹, 박재용², 손정우³, 이기영⁴, 최원호⁵, 심규철^{6*}

¹단국대학교, ²서울교육대학교, ³경상국립대학교, ⁴강원대학교, ⁵국립순천대학교, ⁶국립공주대학교

Concerns and Difficulties in Applying the National Curriculum in the Process of Developing Science Textbooks:

Focused on ‘Integrated Science’ of the 2022 Revised National Science Curriculum

Bongwoo Lee¹, Jaeyong Park², Jeongwoo Son³, Ki-Young Lee⁴, Wonho Choi⁵, Kew-Cheol Shim^{6*}

¹Dankook University, ²Seoul National University of Education, ³Gyeongsang National University, ⁴Kangwon National University, ⁵Sunchon National University, ⁶Kongju National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 April 2024

Received in revised form

14 April 2024

Accepted 14 April 2024

Keywords:

integrated science, textbook, author, 2022 revised science national curriculum, concerns & difficulties in writing textbooks

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the concerns and difficulties encountered by authors involved in the development of integrated science textbooks. Specifically, it focuses on their experiences with understanding and implementing the 2022 revised science curriculum. We collected 89 opinions from textbook authors and categorized them into several key areas: understanding the terminology and descriptors provided in the curriculum, structuring learning content, inquiries and activities, and the depth and scope of learning content. The analysis revealed that the most difficulty encountered by the textbook authors was in defining the level and scope of learning content. Many also expressed concerns and difficulties related to the ambiguity of terms and predicates. In terms of the composition of learning content, difficulties were identified in concerning the repetitive descriptions of achievement standards and the discrepancy between the arrangement of achievement standards and the flow of learning. Regarding inquiries and activities, there were experiments presented that were difficult to experience or actually implement, along with limitations in activity composition due to the need to optimize learning volume. Given the importance of high-quality textbooks for effective science education at the national level, it is crucial to establish effective communication channels between curriculum developers and textbook authors. Additionally, a robust support system for textbook development should be established.

1. 서론

이전의 사회와는 전혀 다른 새로운 뉴노멀의 시대인 4차 산업혁명 시대가 도래함에 따라 기술의 혁신과 발전에 의해 사회 전역에서 큰 변화가 야기되고 있다. 특히 ChatGPT 공개와 함께 인공지능에 의한 사회 변화가 매우 급격히 이루어지고 있다. 이러한 변화 속에서 미래 시대에 적합한 인재에 대한 새로운 인재상이 요구되고 있으며, 그 인재상을 토대로 미래 사회에 적합한 인재를 양성하기 위한 교육이 필요하다 (Kim *et al.*, 2020). 세계 여러 나라에서는 교육과정 개혁을 통해 미래 사회에 대응하고 있으며, 우리나라에서도 2022 개정 교육 과정을 고시하여 2025년부터 적용되는 새로운 교육을 준비하고 있다 (MoE, 2022a).

2022 개정 교육과정은 변화하는 환경에 맞추어 ‘포용성과 창의성을 갖춘 주도적인 사람’을 양성하는 것을 목표로 하고 있으며, 그 핵심에 고교 학점제 시행이 있다. 고교 학점제는 학생 개개인의 소질, 적성에 맞는 맞춤형 교육을 제공하기 위해 도입된 것으로 학생들은 자신의 진로와 적성에 맞추어 교과목을 선택할 수 있다. 교육과정이

학교 현장에 잘 정착되어 운영되는 것은 매우 중요하기에 교육과정이 적용된 후에 교육과정의 적용 실태에 대한 연구가 많이 진행되었다. 2015 개정 과학과 교육과정의 적용 실태와 관련하여 Jeong(2020)은 초·중학교에서 과학과 교육과정의 실행에 대한 인식을 조사했으며, Sim(2021)은 중등 과학 교사의 교수·학습 방법의 적용 실태를 조사했다. 또한 Kwak *et al.*(2020)은 중·고등학교의 2015 교육과정의 운영 분석, 교사와 학생에 대한 설문과 면담, 교과서 분석 등의 대규모 연구를 통해 교육과정의 편성 및 운영 실태를 확인하고 과학과 교육 과정의 개선방안을 도출했다.

2022 개정 과학과 교육과정에서는 고등학교의 공통 과목으로 통합 과학1, 2, 과학탐구실험1, 2를 합쳐서 총 10단위를 이수하도록 하였고, 선택과목으로 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등 총 15개 과목을 제시하였다(MoE, 2022b). 통합과학이나 과학탐구실험은 2015 개정 과학과 교육과정에서 처음 도입된 과목으로 모든 고등학생이 이수해야 하는 교과목이라 그 중요성은 매우 크다. 따라서 이 교과목이 어떻게 운영되고 있는지에 대해서도 연구가 이루어졌다. Kwak & Shin(2021a, 2021b)은 고등학교 교사를 대상으로 한 설문 조사를 통해 통합과학과 과학탐구실험 과목의 편성 및 운영 실태를 분석하였으

* 교신저자 : 심규철 (skcshim@kongju.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2024.44.2.219>

며, 통합과학 과목의 운영이 교육과정에서 요구하는 통합적 지도나 참여형 수업보다는 교사의 전공에 따라 나뉘 지도하거나 전통적인 강의식 수업이 운영되고 있음을 밝혔다.

이들 연구는 모두 교육과정이 시행된 이후에 그 실태를 분석한 연구이다. 교육과정이 어떻게 운영되는지에 대한 분석을 통해 차후 교육과정 개정에 대한 시사점을 제공할 수는 있지만, 현재 진행되고 있는 교육을 변화시키기에는 어려움이 있다. 교육과정이 고시된 이후 학교 현장에 적용되기까지는 약 2-3년 정도의 시간이 있다. 그동안 2022 개정 과학과 교육과정과 관련하여 교육과정 내용 체계 구성의 쟁점을 포괄적으로 정리한 연구(Lee, 2024), Bloom의 신교육목표분류체계를 바탕으로 생명과학 영역의 성취기준 분석(Kang, 2023), 에너지 관련 성취기준에 대한 네트워크 분석(Jho, Noh & Choi, 2023), 기후변화 교육 관련 교육과정 내용 분석(Shin, 2023), 초등학교 '지구와 우주' 영역의 학습 내용 적정성 분석(Han, Kwon & Oh, 2023) 등이 이루어졌지만, 단순히 교육과정의 체제나 내용을 비교 분석하여 제시한 수준에 그쳐 실제로 교육과정이 학교 현장에 적용될 때 발생할 수 있는 문제점을 사전에 조치할 수 있는 시사점을 제공하기에는 어려움이 있다. 교육과정 자체만으로는 어떻게 교육이 이루어질 수 있을지 확인하기 어렵기 때문일 것이다.

우리나라 학교에서 교수학습의 기준이 되는 것은 교과서이다. 따라서 학교 교육을 분석하기 위해 많은 연구에서는 교과서를 분석하고 있다. 우리나라에서는 검정 및 인정 심사를 통해 교과서의 질 관리를 하고 있으며, 검인정 심사에서 교육과정 적합성 여부가 가장 중요한 요소이므로 교과서 관련 연구가 지속적으로 수행되고 있다 (Kim *et al.*, 2022). 교육과정이 고시되고 학교에 적용되기 전에 교과서를 분석한다면 교육과정의 현장 적용 가능성을 예상할 수 있을 것이다. 그러나 이 연구가 진행된 시점(2024년 3월)에는 교과서 검인정 심사가 진행중이기 때문에 교과서에 대한 분석을 할 수 없는 상황이었다.

교육과정이 고시되면 여러 출판사에서는 집필자를 섭외하여 약 1년-1년 6개월 정도의 시간 동안 교과서를 개발한다. 그동안 교과서에 대한 연구는 많이 진행되었지만, 과학 교과서를 집필하는 집필자와 관련된 연구는 상대적으로 많이 이루어지지 않았다. 국제 연구에는 교과서 저자들의 과학과 기술에 대한 견해가 교과서의 내용에 미치는 영향에 대한 연구(Otto, 2018), 교과서 집필자, 편집자 간의 상호작용을 토대로 과학 교과서에의 과학의 본성 개발에 대한 연구(DiGiuseppe, 2014), 과학 교과서 집필자들이 개인적인 희망을 규율 및 사회적 요구에 어떻게 조정하는지에 대한 분석 연구(Kim, Wagner, & Jin, 2021), 교과서 집필자와 편집자의 의도를 토대로 초등 과학 교과서의 탐구를 분석한 연구(Chakraborty, & Kidman, 2022) 등이 있는데, 교과서 개발 과정과 관련된 논의는 많지 않았다.

국내에서 진행된 과학 교과서 집필자와 관련된 연구로 2007년 개정 교육과정 초등학교 과학 교과서 집필자가 겪은 어려움과 대처 방법에 대한 연구(Chae, Yang, & Jung, 2011)에서 교과서 집필자는 교과서 집필 체계, 교육 과정의 내용위계 수준, 집필팀 내부 요인 등의 어려움을 제시했으며, 교과서 집필자와 편집의 교과서 개발 경험에 대한 연구(Park & Kim, 2017)에서 교과서 집필 과정 및 집필 과정에서의 어려움이 논의되었고, Lee, Lee & Son(2019)의 연구에서는 교과서 집필자가 고등학교 물리 교과서 개발 과정에서 겪은 어려움을 분석하였다.

이들 연구에서 공통적으로 나타난 교과서 집필자가 겪은 어려움은 교육과정과 관련된 것이 많았다. 교과서 집필자들은 교육과정을 해석하고, 학교 현장의 교육 상황에 대한 이해를 바탕으로 최적의 교과서를 개발하려는 노력을 기울인다. 따라서 교과서 개발 과정에서 교과서 집필자들이 겪는 고민과 이를 해결하려는 과정, 그리고 그 결과로 만들어진 교과서에 대한 분석은 교육과정의 현장 적용에 앞서 교육과정의 적용 가능성을 높이기 위하여 좋은 자료가 될 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 2022 개정 과학과 교육과정이 학교에 적용되기 전에 앞서 교과서 개발 과정에서 교과서 저자들이 겪은 고민과 어려움을 분석함으로써 교육과정에 대한 이해, 학교 현장 적용에의 어려움 등을 논의하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2022 개정 교육과정에 의한 「통합과학」 교과서를 개발하는 과정에서 교과서 저자들이 겪는 고민과 어려움 중에서 교육과정과 관련된 것이 무엇인지 알아보는 것을 목적으로 한다. 2022년 12월 22일에 교육과정이 고시되었는데, 출판사별로 다르지만 본 연구에서 대상으로 삼은 교과서 개발팀은 2022년 여름을 전후로 구성되었다.

본 연구의 대상은 V출판사에서 개발하는 「통합 과학」 교과서의 저자이다. 교과서 개발팀은 총 12명의 저자와 7명의 편집팀으로 구성되었으며, 교과서 저자는 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 전공 각 3명씩으로 총 12명이며, 과학교사 6명, 교수 6명으로 구성되었다. 대부분의 교수는 전직에 교사였으며(6명 중 5명), 모두 교과서 집필 경험이 있고, 고등학교 운영 지원 컨설팅을 지속적으로 수행해왔기 때문에 고등학교의 상황을 비교적 잘 이해하고 있다.

2. 교과서 개발 과정

교과서 개발은 대략 13개월에 걸쳐 진행되었다. 2022년 10월 22일에 킥오프(Kick-off) 회의를 통해 교과서 집필이 시작되었다. 각 저자와 편집팀에 대한 소개, 교과서 개발 프로세스 및 일정을 공유하였다. 2022 개정 교육과정이 고시되기 전이지만, 사전에 공청회를 통해 교육과정의 내용은 이미 알려졌다기 때문에 교육과정 총론에서 요구하는 주요 사항을 공유하는 회의를 진행하였다. 추가로 각 저자는 새로운 교과서의 개발 방향을 정하기 위해 이전 교과서의 장단점을 분석하는 활동을 수행하였다. 또한 2022 개정 교육과정의 핵심 사항 중 하나인 디지털 교육의 실현을 위해 디지털 교육 관련 자료를 조사하였다. 이를 바탕으로 2022년 11월 26일에 전체 저자 회의를 통해 이전 교육 과정에 의해 개발된 교과서의 수정 보완 방향을 공유하였으며, 교육 과정의 총론과 각론에 제시된 핵심 사항을 구체화하는 방향을 정하고 교과서 개발 방향을 논의하였다. 이후 저자들은 교과서 개발 방향에 따른 교과서 체제의 샘플을 작성하고, 2022년 12월 18일에 체제 샘플안을 공유하고 수정 방향을 논의하였으며, 교과서 디자인의 방향을 논의하였다.

2022년 12월 22일에 교육과정이 고시된 이후, 2023년 1월 16일에 전체 저자 회의를 통해 교과서의 집필 체계, 디자인 방향 등을 공유하

고, 저자별 집필 영역을 나누고 원고의 서식을 공유하였다. 이후 저자들은 각 소단원을 어떤 내용으로 집필할 것인지에 대한 개요에 해당하는 ‘소단원 전개안’을 작성하였다(2023년 1-2월). 소단원 전개안에 대한 검토는 저자 3명과 편집팀 1-2명으로 구성된 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 세부 영역팀별로 진행하였다. 이후 ‘원고 집필-회의-수정’ 등의 과정이 반복적으로 진행되었다. 회의는 전체 저자들이 참여하는 통합회의와 각 영역별로 진행되는 영역회의로 구성되는데, 통합회의는 총 13회, 영역회의는 영역별로 각 10회씩 진행되었다. 통합회의는 주말과 방학을 이용해서 전일로 진행되었는데, 원고 집필 전 교과서 체제 관련 회의 4일, 원고 초안에 대한 타 영역의 저자에 의한 교차 검토회의 3일(4월 초), 사진 및 삽화가 포함된 가제본 검토회의 3일(8월 중순), 내용 및 운문 회의 1일(9월 중순), 윤독회의 2일(11월 초)로 대면 회의로 진행하였다.

영역회의는 대면 또는 비대면으로 진행되었는데, 전체 회의에서 제시된 의견의 반영을 위한 후속 회의와 영역별 검토를 통해 수정안을 제시하고 이후 수정된 원고를 확인하는 과정으로 진행되었다. 저자들은 원고 집필과 검토, 수정의 과정을 회의가 진행되는 기간 사이에 수행하였으며, 영역회의 시간 이외에도 수시로 저자간 또는 저자와 편집팀간의 논의를 통해 원고 수정이 진행되었다. 또한 저자 이외에도 현장 교사 및 과학교육 전문가에 의해 교육과정과의 일치도, 현장 적합성, 내용 타당성 등을 토대로 한 검토가 이루어졌다.

교과서에 제시된 탐구는 저자와 편집팀이 직접 수행하면서 실행 여부를 확인하여 구성하였으며, 교과서에 필요한 사진, 삽화 등은 직접 촬영하거나 출판사에 고용된 삽화가에 의해서 작성되었고, 일부 사진은 구매하였다. 글, 삽화, 사진 등은 디자이너에 의해 구성되어 교과서의 형태로 완성되었다. 완성된 교과서는 검정 심사를 위해 2023년 12월 4일에 제출되었다.

3. 자료 수집 및 분석 방법

2022 개정 과학과 교육과정에 의한 「통합과학」 과목은 통합과학1과 통합과학2로 구분되어 있으며, 각각 3개의 단원으로 나뉘어 있다. 교육과정은 ‘1. 성격 및 목표’, ‘2. 내용 체계 및 성취기준’, ‘3. 교수·학습 및 평가’로 구성되어 있으며, 이 중에서 ‘2. 내용 체계 및 성취기준’은 ‘가. 내용체계’와 ‘나. 성취기준’으로 구성되고, 다시 ‘나. 성취기준’은 성취기준, 탐구활동, 성취기준 해설, 성취기준 적용시 고려 사항 등의 요소로 구성되어 있다. Table 1은 요소별로 교육과정에 제시된 내용을 문장수로 나누어 제시한 것으로 각 단원별로 성취기준 4-6개, 탐구활동 3-5개가 포함되어 있다. 성취기준에 따라 추가적인 설명이 성취기준해설과 성취기준 적용시 고려 사항에 1-6개의 문장으로 제시되어 있다. 본 연구에서는 교과서 저자들에게 교과서를 집필하는 과정에서 교육과정과 관련하여 느낀 고민과 어려움을 각 문장에 대해 기술하도록 요청했다.

교과서 저자 12명은 총 88개의 의견을 제시해 저자당 7.3개의 의견을 나타내었다. 교육과정에 제시된 내용(문단)별로 제시된 의견수를 Table 2에 제시했는데, 교육과정의 내용에 대해 의견이 제시되지 않은 문단 수를 괄호로 나타내었다. 교과서 개발에 가장 큰 영향을 미치는 것은 성취기준이므로 총 27개의 성취기준 중에서 [10통과2-02-01]을 제외한 26개의 성취기준에 대해 40개의 의견이 제시되었다. 탐구활동은 21개 중에서 16개의 탐구활동에 대해 총 22개의 의견이 제시되어 그 다음으로 많은 의견이 제시되었다. 반면 성취기준 해설은 22개 중 16개에 대해 17개의 의견이 제시되었고, 성취기준 적용시 고려 사항에는 17개 중 7개에 대해 9개의 의견이 제시되었다.

단원별로 비교하였을 때, 통합과학1의 ‘과학의 기초’ 단원은 타 단원에 비해 분량이 적게 차지하고 있음에도 가장 많은 의견이 제시되었다. 특히 성취기준이 4개임에도 10개의 의견이 제시되었는데, 이

Table 1. Number of paragraphs presented in the curriculum

과목	대단원	성취기준	탐구활동	성취기준해설	성취기준 적용 시 고려 사항
통합과학1	과학의 기초	4	3	3	5
	물질과 규칙성	6	5	6	1
	시스템과 상호작용	6	5	5	5
통합과학2	변화와 다양성	5	4	4	3
	환경과 에너지	6	4	4	3
	과학과 미래 사회	4	3	1	3
계		31	24	23	20

Table 2. Number of opinions presented by the author

과목	대단원	성취기준	탐구활동	성취기준해설	성취기준 적용 시 고려 사항	계
통합과학1	과학의 기초	10	3	3	2(4)	18
	물질과 규칙성	7	3(2)	6	0(1)	16
	시스템과 상호작용	7	2(3)	2(3)	4(2)	15
통합과학2	변화와 다양성	5	5	4(1)	2(1)	16
	환경과 에너지	7(1)*	5	1(2)	1(2)	14
	과학과 미래 사회	4	4	1	4	13
계		40	22	17	9	88

* 괄호 안의 숫자는 저자의 의견이 제시되지 않은 교육과정의 문장의 수를 나타냄

단원은 2015 개정 교육과정에서 다루어지지 않고 처음 제시된 부분이기 때문에 저자들이 참고할만한 기준이 없었기 때문이다. 통합과학2의 ‘과학과 미래 사회’에 제시된 의견이 가장 적었지만, 성취기준의 개수나 수업에서 차지하는 시간을 고려하면 다른 단원보다 많은 의견이 제시되었다고 할 수 있는데 이 역시 분량으로 비교하면 다른 단원보다 많은 수의 의견이 제시되었다고 할 수 있다. 이 단원 역시 2022 개정 교육과정에서 처음 도입된 단원이었기 때문으로 생각된다. 그 밖의 단원은 비슷한 수의 의견이 제시되었다.

제시된 의견은 귀납적 방법을 이용하여 분석하였다. 저자들이 응답한 의견에서 반복적으로 제시된 주제를 추출하였고, 이를 반복 비교하면서 유사한 속성으로 범주화하였다(Glaser, 2017). 또한 Lee, Lee, & Son(2019)의 연구에서 제시한 대범주인 ‘전체적 구성’, ‘내용의 수준’, ‘세부 내용 구성’과 ‘탐구의 구성’, ‘사진 및 삽화 구성’ 등을 참고하였다. 연구자 간의 반복적인 논의를 통해 최종적으로 ‘표현(용어, 서술어)의 이해’, ‘학습 내용의 구성’, ‘탐구 및 활동’, ‘학습 내용의 수준과 범위’ 등의 대범주 4개를 정하였다. 각 대범주 속에는 하위 범주로 2~5개를 제시했는데, ‘표현(용어, 서술어)의 이해’는 다시 ‘용어의 의미 불명확’, ‘서술 표현 이해 어려움’으로, ‘학습 내용의 구성’은 ‘내용 위치 구성’과 ‘순서 정하기’로 구분하였으며, ‘탐구 및 활동’은 ‘수행 안 되는 탐구’, ‘적합성 부족’으로 구분하였다. 또한 ‘학습 내용의 수준과 범위’는 ‘사전 지식 필요’, ‘수준 설정 어려움’, ‘범위 설정 어려움’, ‘내용의 부족’, ‘기타’ 등으로 구분하였다.

교과서 저자들이 제시한 의견은 총 88개였는데, 이중 4개의 의견은 2가지 범주로 나누어 분석하였고, 3개는 연구의 질문과 관계없는 의견이었기 때문에 제외하여 총 89개의 의견으로 분석하였다. 본 연구에서는 각 범주별로 분석한 교과서 저자의 의견을 토대로 교과서 개발 과정에서 교육과정과 관련된 고민과 어려움의 특징을 논의하였고, 이러한 고민과 어려움을 통해 개발된 교과서를 예로 들어 설명하였다.

III. 연구 결과

교과서 저자들이 제시한 의견을 범주별로 분석하여 교육과정 요소

별로 개수를 정리하여 Table 3에 제시하였다. 가장 많은 의견이 제시된 것은 ‘학습 내용의 수준과 범위’였고, 그다음으로 ‘표현(용어, 서술어)의 이해’, ‘탐구 및 활동’, ‘학습 내용의 구성’ 등의 순이었다.

1. 표현(용어, 서술어)의 이해

가. 용어의 의미 불명확

교과서 저자들이 교육과정의 표현 중에서 용어와 관련되어 의미를 파악하기 어려웠다는 의견은 모두 12개가 제시되었는데, 특히 1단원 ‘과학의 기초’에서 9개, 6단원 ‘과학과 미래 사회’에서 2개의 의견이 있었다. 이 두 단원은 이전 교육과정에서 없었던 내용으로 2022 개정 과학과 교육과정에서 처음 등장한 내용이었다. 저자들은 교육과정을 분석하면서 이전 교육과정의 교육과정과 비교하고, 이 교육과정에 의해 만들어진 여러 종의 교과서를 교차 비교하면서 내용의 구성, 수준과 양 등을 조절하곤 한다. 그런데 이 두 단원은 어떻게 구성해야 할 것인지에 대한 기준이 없었기 때문에 많은 어려움을 제시하였다. 성취기준 [10통과1-01-01]의 내용과 관련하여 모두 5개의 의견이 제시되었는데, 성취기준과 성취기준 적용시 고려 사항에는 ‘공간’, ‘길이’, ‘크기’, ‘다양한 규모’ 등의 용어가 제시되어 있는데, 단순히 비슷한 의미를 다른 표현으로 나타낸 것인지, 특별히 차이가 있는 표현인지 구분하기 어려웠다고 응답했다. 다음은 이와 관련한 두 저자의 의견이다.

- 성취기준 [10통과1-01-01] “자연을 시간과 공간에서 기술할 수 있음을 알고, 길이와 시간 측정의 현대적 방법과 다양한 규모의 측정 사례를 조사할 수 있다.” → 2022 교육과정에서 처음 등장하는 내용이라 범위(scope)를 설정하기가 어려웠다. 공간과 길이라는 용어가 혼용되고 있어 공간을 어느 측면으로 간주해야 하는지 불분명하다. (저자 11)
- 탐구 활동 <미시세계와 거시세계의 물체의 크기에 따른 차이점 분석하기> → 세 가지 용어(공간, 길이, 크기)의 차이가 혼동되었다. 성취 기준에서는 공간과 길이라는 용어로 표현되었다고 탐구에서는 크기

Table 3. Results of analysis of concerns and difficulties related to the curriculum experienced by the author during the textbook development process

범주	성취 기준	탐구 활동	성취기준 해설	성취기준 적용 시 고려 사항	계	
표현(용어, 서술어)의 이해	용어의 의미 불명확	7	3	1	12	22 (24.7%)
	서술 표현 이해 어려움	6	1	1	2	
학습 내용의 구성	내용 위치 구성	3	2	0	5	8 (9.0%)
	순서 정하기	3	0	0	3	
탐구 및 활동	적합성 부족	1	1	0	2	12 (13.5%)
	활동 구성 어려움	1	6	0	3	
학습 내용의 수준과 범위	사전 지식 필요	0	1	1	3	35 (39.3%)
	수준 설정 어려움	3	2	2	7	
	범위 설정 어려움	8	0	3	12	
	내용의 부족	4	1	2	8	
	기타	1	4	0	5	
기타	4	1	4	3	12	12 (13.5%)
계	41	22	14	12	89	89 (100%)

라는 용어를 사용하였는데, 크기가 시간과 공간 크기 모두를 의미하는 것인지 공간적인 크기만을 의미하는 것인지 불분명했다. (저자 10)

“성취기준 [10통과1-01-03] 과학 탐구에서 측정과 어림의 의미를 알고, 일상생활의 여러 가지 상황에서 측정 표준의 유용성과 필요성을 논증할 수 있다.”와 연계된 탐구 활동 <일상생활에서 측정 표준이 활용되는 사례 탐색하기>에는 ‘측정 표준’이란 용어가 제시되어 있다. 그런데 ‘측정 표준’의 정의를 어떻게 사용해야 할지에 대해서 어려웠다. 측정 표준과 관련하여 “측정 표준의 개념이 헷갈려 일상생활 활용 사례를 어떤 수준으로 만들어야 할지 어려웠다(저자 04)”, “측정 표준의 유용성의 의미가 측정 단위의 의미인지 측정 단위를 사용하는 과정에서의 기준인지 여러 사람 사이의 의견 불일치가 있었다(저자 05)”의 의견은 모두 교육과정에서 ‘측정 표준’을 명확하게 제시하지 않았기 때문에 발생한 어려움이었다. 이밖에 성취기준 [10통과1-02-05]에 제시된 ‘기본 단위체’, [10통과2-03-03]에 제시된 ‘인공지능 로봇’도 해석의 어려움이 있었다. ‘기본 단위체’는 주로 구조생물학에서 다루는 용어인데, 교육과정에서는 “지각과 생명체를 구성하는 물질들이 기본 단위체의 결합을 …”로 표현되어 지각 구성 물질과 관련하여 ‘기본 단위체’를 정의해야 하는 어려움이 있었다. ‘인공지능 로봇’은 교육과정에서 의도한 용어가 맞는지에 대한 의구심을 제기하였다. 통상 4차 산업혁명을 이끄는 IT 혁신으로 ‘인공지능, 로봇, 사물인터넷’ 등을 제시하곤 한다. 그런데 교육과정에서는 인공지능과 로봇을 합쳐서 ‘인공지능 로봇’으로 기술했다. 더구나 인공지능 기술을 기반으로 하는 ‘인공지능 로봇’도 실제로 존재하는 용어이기 때문에 교육과정의 오타라고 단정할 수도 없었다. 물론 인공지능 로봇에는 인공지능 기술이 필요하기 때문에 교과서의 내용 기술에는 큰 어려움이 없었지만, 탐구 활동 <일상생활에 활용되는 로봇의 특징 분석 및 개선방안 고안하기>를 구현할 때에는 로봇과 인공지능 로봇 중 어떤 것을 토대로 구성해야 할지를 정해야만 했다. 다음은 이와 관련한 교과서 저자의 어려움을 옮긴 것이다.

- 탐구 활동 <일상생활에 활용되는 로봇의 특징 분석 및 개선방안 고안하기> → 성취기준에서는 인공지능 로봇을 제시했는데, 여기서는 로봇이라고 되어 있어 기존 로봇의 개선방안에 인공지능을 추가하는 개선안에 집중하는 것인지, 아니면 현재 인공지능이 일부 결합된 일상생활 로봇의 개선 방안인지가 분명하지가 않았다. 아울러 관련 기술에 대한 개념 학습하는 과정 없이 개선 방안을 내기가 쉽지 않았다. (저자 01)

교과서에서는 교육과정에 제시된 탐구명과 같이 일반적인 로봇의 특징을 조사하고 불편한 점을 토의한 이후에 인공지능을 이용해서 개선 방안을 고안하는 것으로 교과서를 구성해 기본 구성은 로봇으로 진행하고 여기에 인공지능을 추가하여 기술하는 방식으로 정하였다.

나. 서술 표현 이해 어려움

용어 이외에도 교육과정에 서술된 표현의 의미를 이해하기 어려워 교과서 개발에 고민을 많이 했다는 의견도 10개로 많이 제시되었다. 교육과정에는 ‘시스템과 상호작용’ 단원에서 성취기준 적용시 고려 사항에 “지구시스템의 균형이 깨짐으로써 인간세계에 주는 영향에

대해 …”라고 제시되어 있는데, 지구시스템의 균형이 깨진다는 것이 어떤 것을 의미하는지 해석하기 어려웠다는 의견(저자 12), 탐구 활동 <효소 작용의 원리에 관한 실험하기>에서 효소 작용의 원리에 관한 실험이라는 표현이 매우 모호하여 어떤 것을 실험해야 하고 ‘원리’를 어떻게 실험하라는 것인지 해석하기 어렵다는 의견(생물 11) 등이 있었다. 통합과학2의 ‘환경과 에너지’ 단원의 성취기준 [10통과2-02-05]에 제시된 ‘발전소가 인간 생활에 미치는 영향’과 [10통과2-02-06]에 제시된 ‘신재생 에너지 기술을 활용하는 방안’은 발전소 대신에 발전 방식, 신재생 에너지 기술 대신에 신재생 에너지를 사용하는 것이 더 적합한 표현으로 생각되어 구성하는데 어려움이 있었다는 의견(물리 02)과 같이 교육과정에 제시된 표현이 정확하게 제시된 것인지 알 수 없어 겪은 어려움도 있었다.

성취기준 해설에는 “[10통과2-02-04] 태양에서 수소가 헬륨으로 핵융합하는 과정에서 질량이 줄어서 태양 에너지가 생성됨을 정성적으로만 다룬다.”와 같이 성취기준에 제시된 내용을 다루는 범위, 방법 등을 제한하여 제시하고 있는 경우가 많은데, 이 해설에는 다음과 같이 ‘정성적으로 다룬다’는 표현과 관련한 고민을 제시한 의견도 있었다.

- 성취기준 [10통과2-02-04]의 해설, ‘태양에서 수소가 헬륨으로 핵융합하는 과정에서 질량이 줄어서 태양 에너지가 생성됨을 정성적으로만 다룬다.’ → ‘정성적으로만 다룬다’는 것이 어떤 수준을 말하는 것인지 명확하지 않다. 처음 원고에서는 $E=mc^2$ 이라는 식을 포함하여 구성하였는데, 식은 정량적인 표현이기 때문에 교육과정 위배로 판정될 수 있어 적지 않았다. (저자 02)

질량 에너지 동등성 식 $E=mc^2$ 로 표현하려고 했던 저자의 의도는 단순히 계산을 통해서 질량과 에너지를 정량적으로 비교하려는 의도가 아니라 아주 적은 질량 감소가 일어나더라도 빛의 속도의 제곱은 매우 큰 수이기 때문에 핵융합을 통해서 발생한 태양 에너지의 양이 매우 크다는 것을 간단히 설명하기 위함이었는데, 수식을 제시하는 것만으로도 교육과정에서 배제하도록 제한한 “정량적”으로 고려될 수 있어 포함하지 못했다고 응답했다. 이 저자는 학생들에게 쉽게 이해할 수 있는 기회를 제공할 수 없었다면서 아쉬워했다.

2. 학습 내용의 구성

가. 내용 위치 구성

교과서 저자들의 ‘학습 내용의 구성’과 관련된 의견은 모두 8개였고, 이 중에서 여러 곳에 비슷한 내용이 나뉘어 제시되어 있는 것과 같이 내용의 위치와 관련된 구성에 대한 의견은 모두 5개였다. 통합과학1의 성취기준 “[10통과1-02-05] 지각과 생명체를 구성하는 물질들이 기본 단위체의 결합을 통해서 형성된다는 것을 규산염 광물, 단백질과 핵산의 예를 통해 설명할 수 있다.”에 대해서 생명체를 기본 단위체의 결합으로 설명하고, 이후 다른 단원에서 생명체의 구성 물질인 단백질과 핵산이 생명 시스템과 관련지어 그 기능적인 내용을 다시 다루고 있다. 이와 관련하여 생명 시스템의 구조적인 규칙성과

기능적인 특징을 한번에 학습하지 않고 다른 단원에서 따로 다루는 것은 문제가 되어 교과서 구성에 어려움이 있었다는 의견을 제시하였다. 이는 통합과학은 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 등의 전통적인 과학 개념을 토대로 구성하지 않고, 규칙성, 시스템, 상호작용, 변화, 다양성, 환경, 에너지 등과 같이 통합적인 주제로 과학의 기초 지식과 개념을 다루고 있기 때문이다. 통합과학에서 추구하는 통합적인 안목도 중요하지만, 인문계열로 진로를 고려중인 학생들은 통합과학이 정규 교육과정에서 배우는 마지막 과학 과목이기 때문에 과학적 소양에 해당하는 최소한의 과학지식을 학습할 필요가 있으며, 통합과학 이후에 진로선택과목을 학습할 학생들의 선수과목의 역할을 하기 위해서 필수적인 개념 학습도 필요하다는 인식이 반영된 의견이었다. 이를 나타내는 의견을 옮기면 다음과 같다.

- 성취기준 [10통과1-02-05] “지각과 생명체를 구성하는 물질들이 기본 단위체의 결합을 통해서 형성된다는 것을 규산염 광물, 단백질과 핵산의 예를 통해 설명할 수 있다.” → 지각과 생명체를 묶어서 서술하는 것이 통합적인 관점으로 보이는 효과는 있으나 생명체의 구성물질인 단백질과 핵산이 3단원에서 생명 시스템과 관련지어 기능적으로 다시 다루어지게 되어 구조적인 규칙성과 기능적인 특징을 따로 다루게 되는 문제가 생긴다. (저자 08)

‘에너지 흐름’에 대한 내용도 여러 곳에서 반복하여 제시되고 있다. 통합과학1의 ‘(3)시스템과 상호작용’의 성취기준 [10통과1-03-01]에 “~ 지구시스템을 구성하는 권역들 간의 물질 순환과 에너지 흐름의 결과로 나타나는 현상을~”에서 지구시스템에서의 ‘에너지 흐름’이 제시되어 있는데, 통합과학2의 ‘(2)환경과 에너지’의 성취기준 [10통과2-02-04]에도 “~ 그중 일부가 지구에서 에너지 흐름을 일으키며 다양한 에너지로 전환되는 과정을~”을 통해 태양 에너지가 지구에서 에너지 흐름을 일으킨다는 것을 설명하도록 하고 있다. 지구시스템과 태양 에너지라는 다른 접근을 통해 제시되는 것이기는 하지만 결국에는 비슷한 내용으로 기술할 수밖에 없다는 문제점 때문에 교과서 구성에 어려움을 제시하였다.

탐구 활동을 구성하는 데도 구성의 어려움을 제시한 의견도 있었다. 통합과학2의 성취기준 [10통과2-02-05]에는 <자석과 코일의 상대 운동에 의해 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되는 과정 탐구하기>라는 탐구 활동이 제시되어 있다. 전통적으로 이 부분에서 제시되어야 하는 내용은 전자기 유도에 의해서 전류가 만들어지는 과정이다. 그런데 통합적인 관점에서 단원명을 ‘환경과 에너지’로 정하면서 교육과정의 내용도 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되는 과정에 초점을 맞추는 내용으로 탐구 활동의 이름이 정해졌다. 그런데 탐구에서는 유도 전류가 만들어지는 현상과 유도 전류에 영향을 미치는 요인을 중심으로 구성해야 하기 때문에 에너지 차원의 접근이 쉽지 않아 교과서 구성에 어려움을 제시하였다. 보통 검정 심사를 고려해 교육 과정에 제시된 <탐구 활동> 명을 그대로 사용하지만, 이 교과서에서는 <자석과 코일을 이용하여 유도되는 전류 관찰>을 통해 전자기 유도의 원리를 이해하고, <발전기에서 운동 에너지가 전기 에너지로 전환되는 과정 탐구>를 통해 에너지의 전환 과정을 탐구하도록 구성하는 방식으로 구성하였다.

나. 순서 정하기

내용의 구성 중 ‘순서’와 관련된 의견은 총 3개였다. 성취기준 [10통과1-01-02]에서 기본량을 다루는데, 기본량의 단위를 학생이 쉽게 접하는 방법이 측정과 관련된 때이지만 측정에 대한 성취기준이 기본량 다음에 나오기 때문에 측정에 대한 언급 없이 단위를 제시하는데 어려움을 제시하였다. 또 성취기준 [10통과1-01-02]는 “~ 에너지 흐름을 일으키며 다양한 에너지로 전환되는 과정을~”인데, 이것을 반영하기 위해서는 에너지 흐름에 뒤에 에너지 전환을 설명해야 할 것처럼 보이지만, 실제로 에너지가 전환된다는 것을 학습한 이후에 이러한 전환의 연속적인 과정을 통해서 에너지 흐름을 설명해야 하기 때문에 교과서 구성에 어려움이 있었다는 의견도 있었다.

3. 탐구 및 활동

가. 적합성 부족

교과서 저자들이 탐구 및 활동과 관련하여 제시한 의견은 총 12개로, 이 중에서 교육과정에 제시된 탐구가 고등학교 수준에서 수행하기에 적합하지 않다는 의견이 3개가 제시되었다. 그중에서 <분광기를 활용하여 다양한 물질이 방출하는 스펙트럼을 관찰·비교하기>에 대한 의견이 2개가 제시되었다. 한 저자는 “태양 스펙트럼이 흡수 스펙트럼으로 명확하게 관찰되기 위해서 스펙트로미터와 같은 장비가 필요한데, 간이분광기로 흡수선을 관찰한다는 것이 이론적으로 가능하나, 학생들에게는 실제적으로는 매우 어렵다. (저자 11)”는 의견을 제시하였다. 원소에서 방출하는 선스펙트럼은 간이 분광기로도 관측할 수 있지만, 태양의 흡수 스펙트럼의 관찰은 쉽지 않기 때문에 제시한 의견이었다. 통합과학2의 ‘(3) 과학과 미래 사회’ 단원에 <핵산과 단백질을 이용한 감염병 진단 기술 체험하기> 탐구 활동이 고등학생 수준에서 수행하기 어렵다는 의견도 제시되었는데 이를 옮기면 다음과 같다.

- 탐구 활동 <핵산과 단백질을 이용한 감염병 진단 기술 체험하기> → 단백질과 핵산을 이용한 감염병 진단 기술 체험은 고등학교 수준을 넘어서는 내용이다. 과학기술의 유용성의 이해를 위해서는 과학 기술을 이용하여 감염병을 진단한다는 수준에서 다루어야지 진단 기술을 체험한다는 것은 고등학교 수준에서 매우 어렵다. 무엇보다도 핵산을 다루는 것은 거의 불가능하다. (저자 07)

저자는 교과서에서 개인용 신속항원검사인 자가검사키트의 구조를 살펴보고 검사를 수행하는 과정을 체험하여 단백질을 이용한 감염병 진단 기술 체험은 구현하였지만, 핵산을 이용한 진단 기술은 관련된 자료(영상)를 찾아보는 활동으로 구성할 수밖에 없었다. 이후 단백질과 핵산을 이용한 감염병 진단 기술의 특징과 장단점을 정리하고 추가로 과학의 유용성과 관련된 활동을 포함하여 성취기준에서 요구하는 내용은 모두 담기는 했지만, 교육과정에서 명시한 핵산을 이용한 감염병 진단 기술을 체험하는 활동은 구현하지 못했다.

나. 활동 구성 어려움

탐구와 활동을 구성하면서 경험한 고민과 어려움에는 모두 10개의 많은 의견이 제시되었다. 위에서 언급한 스펙트럼 탐구가 포함된 성취기준 [10통과1-02-01]은 별도로 성취기준 해설을 통해 “분광기를 활용하여 수소의 선스펙트럼을 관찰하고 이를 우주 전역의 선스펙트럼을 관찰한 결과 자료와 비교~”라고 명시하고 있다. 우주 전역의 선스펙트럼과 비교하는 활동을 수행하도록 요구하고 있는데, 전문적인 장비(스펙트로미터)를 사용하지 않은 일반적인 분광기로 관측된 자료를 구하기가 어려웠다고 의견을 제시했다. 결국 이 교과서에는 실제 관측 자료가 아닌 그림으로 그린 스펙트럼을 이용해 원리를 탐구하는 활동으로 구성하였다.

교육과정에는 다양한 유형의 탐구 활동을 제시하고 있는데, 2022 개정 과학과 교육과정에서는 모의실험(시뮬레이션)도 포함하여 제시하고 있다. 통합과학 교육과정에는 모두 3개의 모의실험이 제시되어 있는데, “전 지구 규모의 빅데이터와 시뮬레이션을 통해 지구시스템 차원의 연계성을 확인~”의 내용이 성취기준 적용 시 고려 사항에 제시되어 있고, 통합과학2 ‘(1) 변화와 다양성’ 단원의 <자연선택 과정에 대한 모의실험하기> 탐구와 ‘(3) 환경과 에너지’ 단원의 <개체군 변동 모의실험하기> 탐구가 그 예이다. 실제로 실험을 하기 어려운 내용이기 때문에 모의실험을 통해서 학생들이 간접적으로 체험해보게 하는 의도이었지만, 국내에서 개발되어 제공하는 시뮬레이션 프로그램이 없어 외국에서 개발된 것을 사용하면서 교과서에 포함하는데 어려움을 겪었다는 의견이었다. 다음은 이와 관련한 한 저자의 의견이다.

- 탐구 활동 <개체군 변동 모의실험하기> → 개체군 변동을 ‘모의실험’으로 어떻게 해야 할지 막막했다. 컴퓨터 시뮬레이션이 아니라 실험대 위에서 할 수 있는 모의실험을 시도했으나 고려(또는 가정)해야 할 사항이 너무 많았다. 결국 컴퓨터 시뮬레이션을 검색해서 활용할 수 있도록 했는데, 이것마저도 대부분 외국 사이트를 참고해야 했다. (저자 07)

저자들은 <자연선택 과정에 대한 모의실험하기> 탐구를 색깔이 다른 과자를 놓고 눈에 띄는 과자를 꺼내는 반복 활동을 통해 자연선택의 과정을 체험해보는 게임 형식의 활동으로 구성하였고, <개체군 변동 모의실험하기> 탐구를 인터넷에서 포식자와 피식자의 개체수 변화를 나타내는 시뮬레이션을 검색하여 수행하는 활동으로 구성하였다. 공공기관에서 제공하는 자료 이외에는 인터넷 주소를 명시할 수 없으므로 검색어로 ‘포식자-피식자 시뮬레이션(predator-prey simulation)’을 제시하여 학생들이 찾을 수 있도록 했다. 그러나 외국에서 개발된 시뮬레이션은 외국어(영어)로 구성되어 있어서 학생들이 학습하는 데 어려움이 있다. 교육과정 개발이 이루어진 후에 교육과정이 학교에 잘 적용되는데 필요한 자료(시뮬레이션 포함)를 확보할 수 있는 방안에 대한 지원도 필요할 것이다.

2022 개정 과학과 교육과정에서는 디지털을 이용한 탐구를 강조하고 있다. 다양한 디지털 탐구도구를 이용한 활동을 제시하고 있다. 그런데 교육과정에서 특정 디지털 도구를 명시하는 과정에서 어려움을 유발한다는 의견이 있었다. 통합과학1의 ‘(3) 시스템과 상호작용’의 성취기준 적용 시 고려 사항에 “스마트 기기의 앱을 활용한 다중섬

광사진, 가상현실 기기로 달에서의 중력 체험하기 등과 같이 디지털 탐구 도구를 적극 활용하여~”가 제시되어 있다. 스마트 기기의 다중섬광사진 앱을 이용하도록 명시하고 있는데, “활동에서의 제약 조건들이 충분히 고려되지 않고 제시되어서 활동을 구현하는데 어려움이 있었다. 예를 들어 동영상 분석이 아니라 다중 섬광사진을 정확하게 촬영할 수 있는 스마트 기기의 앱이 거의 없으며 이전에 지원되던 앱도 현재 공식적으로 사용이 안되는 문제가 있다.”와 같이 언급한 교사 03의 의견처럼 교육과정에서 특정 기능을 명시하여 교과서를 구성하는 데 어려움이 있었다. 이것은 ‘가상현실 기기로 달에서의 중력 체험하기’에서도 동일하게 적용된다. 중력을 체험한다는 것은 우리 몸에 작용하는 힘의 크기가 달라짐을 경험해야 하는데, 가상현실 기기로는 이것이 불가능하고 단지 시각적으로 보여지는 모습만 다르게 구성할 수 있어 제대로 된 체험을 할 수 없는 한계가 있다.

활동 구성과 관련해서는 논증과 관련한 의견이 있었다. 통합과학 교육과정에는 모두 4개의 논증 활동이 성취기준에 제시되어 있다. [10통과1-01-03]에서는 “측정 표준의 유용성과 필요성을 논증”, [10통과1-03-01]에서는 “물질 순환과 에너지 흐름의 결과로 나타나는 현상을 논증”, [10통과2-03-01]에서는 “미래 사회 문제 해결에서 과학의 필요성에 대해 논증”, [10통과2-03-04]에서는 “과학 관련 사회적 쟁점(SSI)과 과학기술 이용에서 과학 윤리의 중요성에 대해 논증”하도록 명시하고 있다. 논증은 과학에서 중요한 역할을 하고 과학교육 연구에서도 많은 연구자들이 연구하고 있지만, 실제 학교 현장에서는 논증이 제대로 활용되지 못하고 있다(Erduran et al., 2004). 논증에는 여러 가지 모델이 있고, 이 중에서 학교에서 학생들과 같이 수행할 때 가장 적합한 것을 선택하는데도 어려움이 있으며, 교과서의 제한된 공간(약 1쪽 이내)에서 구현하기에는 많은 어려움이 있었다는 의견이었다. 저자는 지구시스템에서 일어나는 현상으로 화산 폭발과 바다 위 소나기를 제시하고, 이 현상을 물질의 이동과 에너지의 이동으로 정리한 다음에 ‘결과 및 정리’ 활동으로 두 현상이 지구시스템의 물질 순환과 에너지 흐름의 결과임을 근거를 제시하면서 논증하도록 요구하는 것으로 구성하였다. 특히 자연현상(사실)에 대한 주장(결론)을 근거를 들어 제시하는 단순한 논증 구조를 선택할 수밖에 없었다고 응답하였다.

4. 내용의 수준과 범위

통합과학은 “중학교까지 학습한 과학 내용과 연계하여 미래 사회를 살아가기 위한 역량을 함양하고, 고등학교 과학과 선택과목 학습에 필요한 과학 기초 학력을 보장하기 위한 과목”으로 규정하고 있는데(MoE, 2022b), 많은 저자들은 이 수준과 범위를 정하는데 어려움이 있다는 의견으로 총 35개를 제시하였다.

가. 사전 지식 필요

본시 학습을 수행하기 위해서는 학습하지 않은 사전 지식이 필요하다는 의견이 모두 3개가 제시되었다. 성취기준 [10통과1-01-02]에서 SI단위계를 다루어야 하는데, 이 중에는 학생들이 아직 학습하지 않은 절대온도, 몰, 광도 등과 같은 개념의 단위를 소개할 때 어떻게 해야 할지 어려움이 있었다는 의견이 있었다. 또한 중학교에서 학생들이

다루는 농도는 SI 단위계가 아니기 때문에 이를 어떻게 표현해서 설명해야 할지 힘들었다는 의견도 덧붙였다.

디지털 탐구가 강조되면서 피지컬 컴퓨팅이 제시되어 있는데, 이를 사용하기 위해서는 코딩 관련 지식이 필요하다. 최근 중학교에서 정보과학 과목을 통해 다양한 코딩 수업을 시행하기는 하지만 어느 정도 성취하고 있는지는 알 수 없다는 한계가 있다. 최근 인공지능과 관련된 학습이 포함되면서 교과서에서도 생성형 인공지능을 활용한 활동을 포함하고 있는데, 학생들이 이를 수행하기 위해서는 성취기준 외적인 학습요소를 사전에 학습하여야 하는 문제가 있다.

하나의 학습(또는 활동)을 수행하기 위해서는 사전에 인지하고 있어야 하는 개념이 있다. 교육과정 개정이 이루어질 때마다 학습량 감축을 위해서 성취기준의 개수를 줄이려는 시도가 있었다. 그러나 단순히 성취기준의 개수만 줄었다고 학습량이 줄어드는 것은 아니고, 하나의 성취기준을 달성하기 위해서 필요한 사전 학습이 배제되어 있는 경우에는 본차시 학습을 구성하는데 어려움이 나타나곤 한다. 다음은 이와 관련한 한 저자의 의견이다.

- 탐구 활동 <생물 대멸종의 원인과 그 이후의 변화를 설명하는 여러 가설들의 타당성 평가하기> → 이 탐구는 2015 교육과정에서 '생물 대멸종의 원인과 그 이후의 변화에 대해 조사하고 생물 대멸종의 원인을 설명하는 여러 가설들의 과학적 타당성 토론하기가 변형된 탐구 활동이다. 그러나 학생들이 생물 대멸종을 설명하는 여러 가설에 대한 이해가 부족한 상태에서 대멸종의 원인과 그 이후의 변화를 설명하는 가설의 과학적 타당성을 평가하기 위한 기준을 설정하는 일은 학생들이 스스로 수행하기에 어려움이 있다. (저자 11)

교육과정에서는 학생들이 '타당성을 평가'하도록 규정하고 있다. 평가가 이루어지기 위해서는 평가 기준이 필요하다. 따라서 이 활동을 제대로 수행하기 위해서는 학생들이 여러 가설들을 과학적으로 타당한지를 평가할 수 있는 평가 기준을 스스로 세울 수 있어야 하는데 이를 수행하기는 매우 어려울 것으로 생각되었다. 이에 저자는 4개의 평가 기준을 교과서에 제시하여 학생들이 이에 따라 평가해보고 가장 중요한 기준이 무엇인지 토의해보게 하는 활동으로 구성하였다.

나. 수준 설정 어려움

진로선택과목의 수준보다 낮은 수준으로 설명하는 과정에서 수준을 설정하기 어려웠다는 의견이 7개였다. 성취기준 [10통과1-02-02]와 관련해서 우주의 원소가 생성되는 과정을 설명하기 위해서는 별의 진화 과정에 대한 설명이 필요한데, 구체적으로 설명하려니 진로선택과목 수준이 되어 추상적으로 두루뭉술하게 설명할 수밖에 없었다는 의견이었다. 이와 관련한 탐구 활동으로 <지구와 생명체의 구성 성분을 비교하여, 우주와 지구 역사를 통한 구성 성분의 유래 탐구하기>가 제시되어 있다. 구성 원소의 유래를 탐구하는 것은 결국 우주 초기와 별의 진화 과정에서 만들어진 원소를 알아내는 것인데 이를 학생 수준에서 어떻게 탐구할 것인지 그 수준을 정하기가 어려웠다는 의견이었다. 성취기준 [10통과2-01-03]에서는 산화 환원 반응을 산소와 전자의 이동으로만 설명하고 산화수를 다루지 않도록 규정하고 있는데, 산화 환원 반응의 대표적인 예로 광합성이나 연소 반응을 설명할 때

에는 전자의 이동을 구체적으로 다루기 어려워 설명하기가 어려웠다고 밝혔다.

나선형 교육과정의 틀로 생각해보면, 하나의 개념을 수준을 달리하면서 반복적으로 학습하면서 학생의 이해 수준을 높이는 것이 교육과정의 큰 방향 중 하나이다. 그런데 초등학교와 중학교의 과학, 통합과학, 진로선택과목 사이에서 통합과학의 수준을 규정하는 게 매우 어려운 일이다. 화석과 관련한 한 저자의 의견을 제시하면 다음과 같다.

- 성취기준 [10통과2-01-01] "지질시대를 통해 지구 환경이 끊임없이 변화해 왔으며 이러한 환경 변화가 생물다양성에 미치는 영향을 추론할 수 있다." → 2015 교육과정과 비교했을 때 크게 달라진 부분은 없다. 그러나 내용 요소에 포함된 '지질시대의 생물과 화석'을 다루기 위해서는 화석의 종류와 특징 등을 설명해야 하는데, 어느 수준에서 어떤 내용을 다루어야 하는지 고민되었다. 화석은 초등학교 5학년 과정에서 다룬 이후 통합과학에서 처음 등장하는 개념이다. 또한 통합과학에서 화석을 지질시대의 생물과 환경을 추론하는 도구로 사용하고 있지만, 성취기준에 관련 내용이 명시적으로 드러나 있지 않고 관련 성취기준 해설도 없어서 다루는 내용의 수준을 정하기 어려웠다. (저자 11)

다. 범위 설정 어려움

교과서 저자들은 내용의 범위를 정하는 것에도 많은 어려움을 나타내어 모두 10개의 의견이 제시되었다. 성취기준 [10통과1-01-02]에 제시된 '기본량의 의미를 알고'를 반영하기 위해서는 모든 기본량을 다 다루어야 할 것 같은 부담이 있었다고 응답했다. 학생들이 다루는 것은 기본량의 일부이며, 대부분은 유도량이기 때문에 기본량을 아는 것이 중요하기는 하지만 교육과정을 그대로 적용하기에는 무리가 있다고 생각하였기 때문이다. 성취기준 [10통과1-02-06]에는 "∼ 물질의 전기적 성질을 응용하여 일상생활과 첨단기술에서 다양한 소재로 활용됨을∼"이 제시되어 있다. 한 저자는 일상 생활에서 활용되는 소재는 물질이나 화합물 자체가 소재가 되는 경우도 있고 반도체 소자가 소재가 되는 경우도 있는데, 단순히 '물질의 전기적 성질'로 표현하여 물질 수준에서 소재를 다루어야 할 것인지 반도체 소자처럼 여러 물질이 결합한 것을 하나의 소재로 다루어야 할지 고민을 하였다고 응답하였다.

교과서 저자들은 성취기준에 다양한 개념이 포함되어 있는 경우에 제한된 분량 안에 이 내용을 어떻게 담아야 할 것인지에 대한 고민을 많이 제시했다. 다음은 성취기준 [10통과2-01-02]의 해설과 성취기준 [10통과2-02-03]과 관련하여 내용의 범위를 정하는 것과 관련된 어려움을 제시한 의견이다.

- 성취기준 [10통과2-01-02]의 해설 "변이의 발생과 자연선택 과정에 대한 모의실험을 수행하고 다윈의 자연선택설을 중심으로 생물의 진화를 학습한다. 생물다양성을 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성으로 설명하고, 생물다양성을 보전하기 위한 구체적인 사례와 실천 방안을 탐색한다." → 하나의 성취기준에 변이, 자연선택, 진화, 생물다양성, 생물다양성 보전까지 많은 양을 포함하고 있다. 성취기준에서는 진화의 과정을 통해 생물다양성이 형성되었음을 추론하는 것까지인데, 성취기준 해설에서는 생물다양성을 보전하기 위한 구체적인 사례와 실천 방안 탐색까지 있다. 생물다양성 보전을

위한 실천 방안 탐색만 해도 시간이 꽤 걸리는데 몇 차시를 생각하고 설정한 성취기준인지 교과서를 구성하기 어려웠다. (저자 07)

- 성취기준 [10통과2-02-03] “온실효과 강화로 인한 지구온난화의 메커니즘을 이해하고, 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향과 대처 방안을 분석할 수 있다.” → 2015 교육과정과 비교하여 온실 효과 강화로 인한 지구온난화의 메커니즘 이해가 추가되었다. 2015 개정 교육과정에서는 성취기준 해설을 통해 그 적용 범위를 밝히고 있지만, 2022 개정 교육과정에서는 관련 성취기준 해설이 없어서 성취기준을 해석하는 데 어려움이 있었다. 또한 온실효과 강화로 인한 지구온난화의 메커니즘을 다룬다고 했지만, 성취기준 해설에도 그 적용 범위가 제시되어 있지 않아 탐구 활동 제목을 통해 적용 범위를 나름대로 설정해야 하는 문제가 있었다. (저자 10)

교육과정에는 성취기준 해설과 성취기준 적용시 고려 사항을 통해 성취기준의 적용 범위를 명시하곤 한다. 그런데 모든 성취기준마다 해설이나 고려 사항을 포함하고 있지 않을 뿐만 아니라 해설이 충분히 자세히 제시되지 않아 성취기준을 이해하는데 어려움이 있다. 한편 성취기준 [10통과2-01-02]의 사례와 같이 성취기준 해설에서 추가적으로 제시하는 내용이 활동으로 제시되는 경우에는 내용 구성에 어려움을 초래하기도 했다. [10통과2-02-03]는 2015 개정 교육과정과 비교했을 때, 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상은 동일하게 제시되어 있고, 온실효과 강화로 인한 지구온난화의 메커니즘을 이해하는 내용이 추가되어 구성되었다. 2015 개정 교육과정에서는 “엘니뇨, 사막화 등은 대기 대순환과 해류의 분포와 관련지어 설명하고, 대기 대순환은 3개의 순환 세포가 생긴다는 수준에서만 다룬다.”고 성취기준 해설을 통해 범위를 제시하고 있지만, 2022 개정 교육과정에서는 성취기준 해설을 제공하지 않아 범위를 정하는데 어려움이 있었다고 했다. 비슷한 성취기준이기 때문에 이전 교육과정에 의한 교과서에서 제시한 범위로 정할 수도 있지만 새로운 성취기준에는 지구온난화 메커니즘이 추가되었기 때문에 분량을 조절할 필요가 있었기 때문이다.

라. 내용의 부족

더 많은 내용을 기술할 필요가 있는데 그렇게 하지 못하는 상황과 관련한 고민과 어려움도 8개의 의견이 제시되었다. 성취기준 [10통과1-02-01]은 2015 개정 교육과정과 크게 다르지 않지만, 교육과정에서 학습량 감축을 위해 퀴크, 우주배경복사 등의 개념을 배제하면서 우주 초기에 원소 생성과정을 구체적으로 설명할 수 없는 한계가 있어 고민을 하였다는 의견이 있었다. 교육과정에서 제시한 제한에 의해 충분한 설명을 하지 못해서 어려움이 있었다는 의견이 화학 영역에서 3개의 의견이 제시되었는데 다음과 같다.

- 성취기준 [10통과2-01-04] → 중화 반응에서 일어나는 변화(예: 반응열로 인한 온도 상승, 산성도의 변화 등)는 화학에서 중요한 내용인데, 성취 기준에는 생활 속 이용 부분만 적혀 있어 분량 조절에 어려움이 있었다.
- 성취기준 [10통과2-01-04]의 해설 → 암모니아수는 대표적인 염기인데도 아레니우스의 정의에 넣을 수 없었다.
- 성취기준 [10통과2-01-04]의 적용시 고려 사항 → 산화·환원 반

응과 산·염기 반응은 화학 반응의 꽃과 같은 내용으로 생활 주변으로 한정시키는 것은 한계점이 있다.

이 세 의견은 모두 “[10통과2-01-04] 대표적인 산·염기 물질의 특징을 알고, 산과 염기를 혼합할 때 나타나는 중화 반응을 생활 속에서 이용할 수 있다.”와 관련된 것이다. 이 성취기준 해설에는 산·염기 정의의 범위, 중화반응에서의 변화 정도에 제한을 두고 있으며, 성취기준 적용시 고려 사항에는 산화·환원 반응과 산·염기 반응을 화학 반응의 예시로 다루지 못하게 제한하고 있다. 통합적인 관점에서 주변에서 경험하는 다양한 변화에 대한 예시로 화학 반응을 사용하도록 교육과정이 의도하고 있지만, 전통적으로 과학 개념 학습에 익숙해져 있는 상황에서 교과서 저자들이 개념 위주의 구성을 추구하는 과정에서 겪는 고민으로 이해할 수 있다.

마. ‘내용의 수준과 범위’의 기타 의견

이전 교육과정과의 중복과 관련된 것은 1개만 제시되었는데, “가열장치 없이 물과 산화 칼슘을 이용한 음식 조리 방법 설계하고 실험하기” 탐구가 중학교 3학년에 제시되는 내용과 비슷하여 차별화가 어려웠다는 의견이었다. 실제 과학과는 차이가 있어 교과서 구성에 어려움이 있다는 의견도 2개 있었다. 성취기준 [10통과1-02-03]와 관련해서 원소의 주기성을 통해 자연의 규칙성을 설명하도록 되어 있는데, 주기적 현상에는 예외가 많아 교과서에 적절하지 않은 사례를 주기성으로 기술하는 데 어려움이 있었다는 의견과, 성취기준 [10통과1-02-04]에서 화학 결합의 성질을 전기 전도성으로 설명하는 요구에 대해 학생들이 많이 사용하고 있는 공유결합 물질 중에는 염화수소(HCl)와 같이 전기 전도성이 있는 물질이 많아 화학 결합의 종류에 따라 전기 전도성에 한정하여 기술하는 것이 바람직하지 않다는 의견이었다.

비약이 심해 교과서 구성에 어려움이 있었다는 의견도 2개가 제시되었다. 성취기준 [10통과2-03-01]에서는 감염병만을 사례로 과학의 유용성을 설명하게 되어 있는데, 과학의 유용성을 단지 감염병 사례만으로 설명하기에는 비약적인 부분이 많다는 의견이었다. 미래 사회 문제를 예측하고 대응하기 위한 과학의 필요성에 관해 설명하는 것은 쉽게 구현할 수 있지만, 미래 사회 문제 자체를 분야와 사례별로 구분하고 그것을 해결하는 방안을 제시해야 하는데, 교육과정에서 요구하는 ‘필요성을 논증’하는 것은 어려움이 있다면서, 과학의 유용성과 필요성을 인식하는 수준으로 제시되는 것이 바람직하다는 의견을 제시하였다. 탐구 활동 <막을 통한 물질의 이동을 실험하고 생명 활동 유지에서 세포막의 역할 탐구하기>와 관련해서도 “막을 통한 물질 이동을 알아볼 수 있는 실험이 확산, 삼투로 제한적이어서 이러한 결과를 통해 생명 활동 유지에서 세포막의 역할을 탐구한다는 것은 지나친 비약이며 실제 가능한 연결도 아니다. (저자 08)”라는 의견을 제시하였다. 세포막의 물리적 장벽으로서의 막 역할이 아니라 생명 활동 유지와 연결된 막의 기능을 알아보기 위해서는 능동적인 물질 수송이 다루어져야 하지만 이 내용은 통합과학 수준은 아니며, 이를 통합과학 수준에서 실험으로 구현할 수는 없다는 의견을 추가하였다.

IV. 요약 및 논의

본 연구에서는 교과서 집필 과정에서 교과서 저자들이 교육과정을 이해하고 적용하면서 느낀 고민과 어려움을 분석하였다. 교과서 저자들이 제시한 의견을 ‘표현(용어, 서술어)의 이해’, ‘학습 내용의 구성’, ‘탐구 및 활동’, ‘학습 내용의 수준과 범위’ 등의 범주별로 분석한 결과, 가장 많은 의견이 제시된 범주는 ‘학습 내용의 수준과 범위’와 관련된 의견으로 전체의 39.3%에 해당되었다. 저자들은 어떤 내용을 어떤 수준으로 제시해야 하는지를 고민하기 때문에 교육과정을 해석하여 이를 교과서에 적용하는 과정에서 어려움을 나타내었을 것이다.

‘용어, 서술어의 이해’와 관련된 의견은 총 22개로 전체의 24.7%에 해당하는 많은 의견이 제시되었다. 교과서를 집필하는데 가장 근간이 되는 것이 교육과정이기 때문에 교과서 저자는 교과서 집필을 시작하면서 교육과정(특히, 성취기준)을 해석하려고 한다. 그런데 이 과정에서 교육과정이 의미하는 것을 명확하게 이해하지 못하였기 때문에 많은 고민을 하고 있었다.

2022 개정 과학과 교육과정에서는 성취기준을 명시적으로 제시하며, 성취기준 해설 및 성취기준 적용시 고려사항을 추가로 제시하고 있었는데(MOE, 2022b), 성취기준과 성취기준 해설에서의 용어의 중의적 표현과 새로운 용어의 명확성이 다소 부족한 경우가 있었다. 그리고 성취기준 해설이 성취기준에 대한 취지와 의미, 학습 의도 등을 설명하고(MOE, 2022b) 학습량 적정화를 위한 제한점을 제시하면서 의도와는 달리 모호함이 생기기도 하였다. 이는 과학과 교육과정이 담고 있는 학습 내용에 대한 충분한 이해 없이 교과서 집필 가능성이 높아질 우려가 있으며, 성취기준 해설이나 성취기준 적용시 고려사항이 교육과정에 담겨있는 학습 용어에 대한 해설이 충분하지 못하기 때문이라고 생각한다(Park, 2020; Park & Kim, 2017). 무엇보다도 기존에 통합과학에서 다루지 않았던 ‘과학의 기초’와 ‘과학기술과 우리 사회’와 같은 새로운 단원에서 다루는 새로운 용어의 사용에 대한 충분한 논의와 검토가 필요함을 시사한다(Park, 2020).

통합과학의 학습 내용의 구성 측면에서 보면 과학 분야에 대한 통합적 접근을 시도하고 있고(Ahn & Byun, 2020; Kim, 2018), 통합과학에서 기저가 되는 개념을 학습하기 위한 핵심개념과 탐구 활동으로 구성하고 있다. 그리고 통합과학은 핵심 개념을 중심으로 학습량 적정화를 지향하고 있다. 그러나 이를 반영하다 보니 학습 내용의 구성과 순서에서 단절되거나 재구성되어야 하는 어려움이 나타나기도 하였다. 또한, 통합과학이 상당수의 학생들에게는 정규 교육과정에서 학습하는 마지막 과학 과목이기에 과학적 소양을 함양할 수 있는 최소한의 과학 지식을 학습할 수 있도록 학습 개념을 포함해야 한다는 인식을 가지고 있는데, 이것은 국가 교육과정에서 지향하고 있는 학습량 적정화를 추구한다는 측면과 상충되는 면이 있었다. 학습량 적정화와 과학적 소양 함양이라는 통합과학에서 지향하는 바를 달성하기 위해서는 보다 깊이 있는 연구가 필요하다.

2022 개정 과학과 교육과정에서는 성취기준 아래에 <탐구 활동>을 제시하여 교과서에 필수적으로 포함될 탐구를 명시하고 있으며, 내용 요소에도 ‘과정·기능’을 제시하여 다양한 기능적인 측면을 학습하도록 되어 있고, 성취기준도 개념뿐만 아니라 활동적인 측면을 포함하여 기술하고 있다. 교과서 저자들은 성취기준에 제시된 내용을 설명하는 것 이외에도 탐구 활동을 구성하는데 많은 노력을 기울였으

며, 이 과정에서 교육과정에 제시된 탐구 또는 활동을 구현하는 과정에서 여러 고민과 어려움을 제시하였다. 통상적으로 과학 교과서는 매 차시마다 활동을 포함하는 구성을 따르고 있다. 과학을 다른 교과와 구별짓는 가장 중요한 특징으로 ‘탐구’를 손꼽을 수 있으며(Lee & Lee, 2018), 학생들은 탐구 활동을 통해 과학의 지식을 습득하고 과학을 연구하는 방법을 이해하며, 과학에 대한 긍정적인 자세도 갖출 수 있어(Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998), 교육과정 개정이 진행될 때마다 강조하고 있다. 따라서 탐구 활동 구성에 대한 안내가 포함될 필요가 있다. 그리고 교육과정 개정이 이루어지면서 새로운 탐구 활동이 추가되기도 하며, 이러한 것이 수업 시간에 실행되지 못하는 탐구가 많아질 가능성이 크다(Lee & Lee, 2018). 따라서 교육과정 실행 초기에서부터 탐구 활동이 잘 실천될 수 있도록 할 필요가 있다.

2022 개정 교육과정에 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 센서 등을 활용한 학습 내용이 포함되면서 학생들이 이를 수행하기 위해서는 성취기준 외적인 학습요소를 사전에 학습하여야 하는 문제가 있으며, 학생 수준에서 적합하지 않은 내용을 포함하여 제시해야 하는 어려움과 관련된 의견도 있었다. 그리고 학습량 적정화를 위해서 성취기준의 개수를 줄이려는 시도에 따라 하나의 성취기준 달성을 위해 필요한 사전 학습이 배제된 경우에는 본 차시 학습을 구성하는데 어려움이 나타난다는 의견이 많았다. 또한, 통합적인 관점에서 주변에서 경험하는 다양한 예시를 제시하다 보면, 교과서 집필 의도와는 달리 과학 교사들이 전통적으로 학습해야 할 과학 개념과 연계함으로써 학습량이 다소 증가할 수 있다는 우려가 있기도 하였다.

교과서 저자들의 고민과 어려움은 교과서 검정 심사를 통과해야 하는 상업적인 측면과 아울러 과학적 소양을 함양하기 위한 제대로 된 좋은 교과서를 만들고자 하는 의도가 있기 때문이다. 본 연구에서 살펴본 바와 같이 그 중심에는 국가 교육과정이 있다. 긴 시간 동안 많은 전문가들이 모여 개발한 국가 교육의 큰 방향을 제공하는 교육과정은 그 이해가 높아질수록 교육과정 개정 취지를 잘 살릴 수 있을 것이다. 교육과정이 고시된 이후 학교에 적용되기 전의 약 2-3년의 기간 동안 양질의 교과서가 개발되어 수준 높은 과학 교육이 이루어질 수 있도록 후속 조치가 필요하다. 교육과정 개발 주체가 중심이 되어 포럼이나 연수를 통한 의사소통의 기회를 제공하여 교과서에 필요한 정확한 용어 해설, 성취기준 해설과 탐구 활동의 취지와 안내 등과 같은 기본 요소들에 대한 통합 지원 체계를 마련할 필요가 있다. 효율성을 높이기 위해 시·도 교육청, 학술 단체 또는 교사 단체, 유관 기관들을 포함한 전문가 집단의 집단 지성을 활용할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

국문요약

본 연구의 목적은 2022 개정 과학과 교육과정에 의한 통합과학 교과서를 개발하는 저자들이 교육과정을 이해하고 적용하는 과정에서 느낀 고민과 어려움을 분석하는 것이다. 이를 위하여 교육과정에 제시된 용어 및 서술어의 이해, 학습 내용의 구성, 탐구 및 활동, 학습 내용의 수준과 범위 등으로 범주로 교과서 저자들의 의견 89개를 분석하였다. 분석 결과 교과서 저자들은 학습 내용의 수준과 범위를 정하는데 가장 많은 어려움을 나타내었다. 그리고 용어와 서술어의

중의적 표현과 모호함에 대해 많은 고민과 어려움을 나타내었다. 학습 내용의 구성 측면에서는 성취기준의 반복적 기술, 성취기준의 배열 순서가 학습의 흐름과 일치하지 않은 점과 관련한 어려움이 제시되었으며, 탐구 및 활동과 관련해서는 체험하거나 실제 구현하기 어려운 탐구 활동 제시, 학습량 적정화에 따른 활동 구성의 제약 등과 관련하여 교과서 집필의 어려움이 제시되었다. 국가적으로 양질의 교과서 개발은 양질의 과학 교육을 위해 필요하기 때문에, 교육과정 개발 주체와 교과서 저자와의 교육과정 이해를 위한 소통이 필요하며, 교과서 개발을 위한 지원 체제가 요구된다.

주제어 : 통합과학, 교과서, 저자, 2022 개정 과학과 교육과정, 교과서 집필의 고민과 어려움

References

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Ahn, Y., & Byun, T. (2020). Can integrated science be operated in the integrated way? : Focusing on science teachers' perception of proper operation method and subject competencies developing of integrated science. *School Science Education*, 14(3), 365-378.
- Chae, D., Yang, I., & Jung, S. (2011). Difficulties and coping methods encountered by authors of 5th and 6th grade science textbooks: based on grounded theory. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(8), 1121-1144.
- Chakraborty, D., & Kidman, G. (2022). Inquiry process skills in primary science textbooks: Authors and publishers' intentions. *Research in Science Education*, 52(5), 1419-1433.
- DiGiuseppe, M. (2014). Representing nature of science in a science textbook: Exploring author-editor-publisher interactions. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1061-1082.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPPING into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Han, J., Kwon, Y., & Oh, H. (2023). Analyzing the adequacy of the contents of the 2022 revised science curriculum-elementary school 'Earth and Universe' units-. *School Science Journal*, 17(2), 120-137.
- Jeong U. Y. (2020). A study on the elementary and middle schools teachers' perception on monitoring implementation of the 2015 revised national science curriculum. *Journal of Education Science*, 22(3), 29-52.
- Jho, H., Noh, H., & Choi, J. H. (2023). Network analysis of achievement standards relevant to the concept of energy presented in the 2022 revised national curriculum of science. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 13(2), 125-136.
- Kang, K. H. (2023). Comparison of achievement standards in the Life science of 2015 and 2022 revised curriculum based on Bloom's revised. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 26(3), 103-119.
- Kim, J. (2018). Integrated Operation Methods for the 'Integrated Science' and 'Science Inquiry Experiment' in 2015 Revised National Curriculum. *Biology Education*, 46(1), 39-54.
- Kim, M., Wagner, D., & Jin, Q. (2021). Tensions and hopes for embedding peace and sustainability in science education: stories from science textbook authors. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 21, 501-517.
- Kim, N., Kim, H., Jung, S., Kim, D., Kim, J., & Lim, H. (2022). Research trends of elementary science textbook: focus on papers published in domestic journals in the last twenty years. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 42(5), 487-499.
- Kim, U. B., Jeong, H. I., Kim, D., Byun, K. Y., Lim, H., Choi, J., & Cho, D. (2020). A Study on the education policy for the future talent development. *Journal of Education & Culture*, 26(7), 5-27.
- Kwak, Y., & Shin, Y. (2021a). Exploring ways to improve integrated science and science laboratory experiments in preparation for the 2022 revised curriculum. *Journal of Science Education (Jour. Sci. Edu.)*, 45(2), 143-155.
- Kwak, Y., & Shin, Y. (2021b). Evaluation of adequacy of integrated science and science laboratory experiments as common compulsory curriculum for high school and their improvement plans. *Biology Education*, 49(2), 205-215.
- Kwak, Y., Shin, Y., Lee, H., Choi, W., Lee, I., & Son, H. (2020). Analysis of field application of 2015 revised science curriculum. Seoul: KOFAC.
- Lee, G. (2024). Trends and issues of the Korean national curriculum documents' subject-matter content system table: Focusing on the science subject case. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 44(1), 87-103.
- Lee, S. & Lee, B (2018). High-school physics teachers' difficulties in teaching textbook physics inquiries. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(4), 519-526.
- Lee, S., Lee, B., & Son, J. (2019). Analysis of textbook authors' difficulties in developing of high school physics textbooks. *New Physics: Sae Mulli*, 69(4), 429-438.
- Ministry of Education (MOE) (2022a). The 2022 revised national curriculum. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education (MOE) (2022b). The 2022 revised national science curriculum. Sejong: Ministry of Education.
- Otto, M. (2018). Textbook authors, authorship, and author function. In E. Fuchs, & A. Bock (Eds.), *The Palgrave handbook of textbook studies* (pp. 95-102). New York: Palgrave Macmillan.
- Park, S. (2020). A Qualitative Case Study on the Experiences of Textbook Development according to the 2015 Revised Curriculum. *The Journal of Curriculum Studies*, 38(2), 55-79.
- Park, S., & Kim, D. (2017). Analysis on the development of textbooks of textbook authors and editors. *The Journal of Curriculum Studies*, 35(4), 71-97.
- Shin, Y. (2023). Contents analysis of the 2022 revised curriculum related to the climate change education. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 13(1), 23-34.
- Sim, J. (2021). A study on the application of teaching and learning methods of secondary science teachers in the 2015 revised science curriculum. *Teacher Education Research*, 60(2), 309-324.

저자정보

이봉우(단국대학교 교수)
박재용(서울교육대학교 교수)
손정우(경상국립대학교 교수)
이기영(강원대학교 교수)
최원호(순천대학교 교수)
심규철(공주대학교 교수)