Journal of the Korean Chemical Society
2019, *Vol. 63, No. 3*
Printed in the Republic of Korea
https://doi.org/10.5012/jkcs.2019.63.3.183

2015 개정 교육과정에 따른 과학탐구실험 교과서에 나타난 참탐구 요소 분석

이재원 · 이규열 · 안지현*
서울대학교 화학교육과
(접수 2018. 12. 10; 게재확정 2019. 3. 14)

An Analysis of the Authentic Inquiry Components in Science Inquiry Experiments Textbooks Developed Under the 2015 Revised National Curriculum

Jaewon Lee, Kyuyul Lee, and Jihyun An*
Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 08826, Korea.
**E-mail: jihyunan@snu.ac.kr*
(Received December 10, 2018; Accepted March 14, 2019)

요 약. 이 연구에서는 2015 개정 교육과정에 따른 과학탐구실험 교과서의 탐구 활동에서 나타난 참탐구 요소를 분석하였다. 탐구 활동을 핵심 개념에 따라 분류한 후, 학생이 자율적으로 참탐구 요소를 계획하거나 실행하도록 한 사례의 특징을 조사하였다. 연구 결과, 참탐구 요소 중 다른 자료 조사하기 요소는 모든 단원에서 높은 비율로 나타났다. 그러나 연구 질문 만들기, 변수 선택하기, 다양한 변수 측정하기, 측정값 변환하기 요소는 미리 안내되거나 구조화된 경우가 많아 역사 및 생활 속의 과학 탐구 단원의 일부 탐구 주제에서만 주로 나타났다. 간단한 또는 복잡한 변인 통제하기, 방해 변수 측정하기, 과정상 결함 고려하기 요소는 교과서에서 고려하지 않거나 명시적으로 언급하지 않은 경우가 많아 모든 단원에서 낮은 비율로 나타났다. 생활 속의 과학 탐구 단원의 참탐구 요소는 소집단 활동을 통하여 다루어지는 경향이 있었다. 연구 결과를 바탕으로 과학탐구실험 교과서 탐구 활동의 개선 방안을 논의하였다.

주제어: 2015 개정교육과정, 과학탐구실험, 참탐구, 핵심 개념

ABSTRACT. In this study, we investigated the characteristics of the authentic inquiry components in the inquiry tasks of Science Inquiry Experiments textbooks developed under the 2015 Revised National Curriculum. After classifying inquiry tasks by core concepts, we analyzed the cases that students autonomously planned or performed the authentic inquiry components. The results of the study revealed that investigating multiple materials component most frequently appeared in all units. However, generating research question, selecting variables, observing multiple variables and transforming observations components appeared in a few tasks of history and everyday science units as they were often guided or structured in textbooks. Controlling simple or complex variables, observing intervening variables and considering methodological flaws components rarely appeared in all units as most of textbooks did not consider or indicate explicitly. Authentic inquiry components of everyday science unit tended to be handled in small group activities. On the bases of the results, the implications for the development of the inquiry tasks of Science Inquiry Experiments textbooks are discussed.

Key words: 2015 Revised National Curriculum, Science Inquiry Experiments, Authentic inquiry, Core concepts

서 론

탐구는 어떤 현상에 관한 의문을 해결하기 위해 수행하는 과학적인 사고 과정이나 활동으로 정의된다.[1] 과학교육에서 탐구를 통한 학습은 과학 개념의 통합적 이해와 과학적 사고력의 향상, 과학에 대한 흥미와 동기 유발을 위한 효과적인 방법으로 여겨져 왔다.[2,3] 특히 과학교육의 패러다임이 과학 개념과 이론의 이해에서 실천적 맥락이 강조된 과학 과정 지식의 숙달로 확장됨에 따라 탐구의 중요성은 더욱 커지고 있다.[4] 이러한 맥락에서 우리나라도 7차 교육과정부터 탐구의 중요성을 강조한 이래 2015 개정 교육과정에서도 문제 해결력, 과학적 사고력과 같은 과학과 핵심 역량의 함양을 위해 과학탐구실험 교과를 도입하는 등 탐구 중심의 수업을 꾸준히 강조하고 있다.[5]

그러나 많은 선행 연구는 학생들이 교수학습의 맥락에서 수행하는 학교 과학 탐구(school science inquiry)와 과학자들이 수행하는 참탐구(authentic inquiry)의 차이를 비판적인 관점에서 지적하고 있다.[6] 예를 들어, 과학자들의 탐구 과정은 복잡하고 비선형적이며, 선경험이나 창의력을 바탕으로 한 직관적인 판단을 필요로 하는 경우가 많다.[7] 그

러나 학교 과학 탐구는 구조화된 환경에서 선형적으로 이루어지며, 주로 목표 현상을 재현하는 단순한 실험이나 예증의 형태로 나타난다.[8,9] 따라서 학교 과학 탐구는 창의력이나 직관과 같은 고등 사고 능력보다는 주로 기억, 이해와 같은 단순한 사고 기능만을 필요로 한다.[10,11] 또한, 학교 과학 탐구의 목표가 탐구 자체의 본질보다는 탐구를 통한 과학 개념 이해, 과학에 대한 호기심과 흥미 유발 등 탐구의 기능적, 도구적 차원에 과도하게 초점을 맞추고 있다는 지적도 꾸준히 제기되고 있다.[12–14] 이와 같이 학교 과학 탐구가 과학자의 탐구를 단편적으로 모방한 방식으로 이루어지거나 구조화된 형태로 이루어지는 경우, 과학 개념 및 탐구 과정에 대한 이해, 과학적 태도의 함양 등 과학 탐구의 인지적, 정의적 효과도 제한될 수 있다.[15,16] 또한, 구조화된 탐구를 주로 경험한 학생들은 실험 결과의 확인이 탐구의 목적이라고 여기거나 탐구에 정해진 방법 또는 절차가 있다고 여기는 잘못된 인식을 가지는 등,[17] 탐구의 본질이 훼손되고 이에 따른 교육적 가치도 저하될 수 있는 것으로 보고되고 있다.

이에 학교에서 학생들이 참탐구와 가까운 경험을 할 수 있도록 자유 탐구, 과제 연구 또는 R&E 등의 개방적인 탐구 기회를 제공하려는 노력이 꾸준히 이루어져 왔다.[18] 하지만 이러한 유형의 탐구는 주로 교과 외 시간에 이루어져 폭넓은 적용에 현실적인 한계가 있다. 따라서 주로 교과 수업 중 이루어지는 교과서 탐구의 개선에도 관심을 가질 필요가 있다. 교과서 탐구의 경우 교육과정에 의해 탐구 주제나 과정이 어느 정도 정해져 있는 경우가 많지만, 학생들이 스스로 연구 문제를 구체화하거나 변수를 선택하도록 하는 등 탐구 과정의 일부를 참탐구에 가깝게 구성할 수 있다.[3,9] 그러므로 현재 개발된 교과서의 탐구 활동이 참탐구 요소를 얼마나 포함하고 있는지 조사할 필요가 있다.

특히, 2015 개정 교육과정은 이전의 교육과정보다 과학에 대한 흥미와 호기심, 태도, 과학적 소양 등의 정의적 영역과 평생학습능력의 함양을 매우 강조하고 있다.[19] 예를 들어, 2015 개정 교육과정에서 처음으로 도입된 과학탐구실험 교과는 탐구 영역별 구체적인 탐구 주제 선정 및 활동 구성의 근거가 되는 핵심 개념으로 과학의 본성, 과학자의 탐구 방법, 과학적 태도, 과학 탐구의 과정, 과학의 응용을 제시하고 있다.[5] 이는 과학탐구실험 교과의 도입 목적이 과학 탐구의 본질적 측면을 경험하고 과학적 소양을 함양하는 것에 있음을 의미한다. 그러므로 과학탐구실험 교과서에 제시된 탐구 활동을 참탐구의 관점에서 분석하여 교육과정의 목표와 핵심 개념을 구현할 수 있도록 구성되어 있는지 조사하는 것은 더욱 중요하다.

그동안 과학 교과서의 탐구 활동을 분석한 국내 연구는 관찰하기, 실험하기 등과 같이 탐구 주제나 활동의 유형 및 빈도를 분석한 연구가 대부분이다.[20–22] 그 외에 교육과정에서 제시하는 성취 목표나 핵심 역량 등을 기준으로 한 분석,[23–25] 교육과정의 변천에 따른 변화 분석,[26] 과학의 본성 요소에 관한 분석[27,28] 등이 이루어졌다. 참탐구의 관점에서 과학 교과서의 탐구 활동을 분석한 연구는 상대적으로 드문 편인데, 가설 설정이나 연구 질문 만들기 과정의 자율성만 분석하거나[29] 탐구 활동의 전체적인 개방도를 분석한[10,30] 연구가 일부 이루어졌다. 즉, 선행 연구는 교과서 탐구의 참탐구 요소 중 일부만 분석하거나 과학자의 활동에 기반하여 도출된 구체적인 참탐구 요소에 따라 체계적으로 분석하지 못하는 한계가 있었고, 과학탐구실험 교과서를 대상으로 참탐구 요소를 분석한 연구는 거의 없다.

이에 이 연구에서는 2015 개정 교육과정에 따른 과학탐구실험 교과서의 탐구 활동에서 나타나는 참탐구 요소를 분석하였다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 과학탐구실험 교과서의 탐구 활동에서 전반적으로 나타나는 참탐구 요소별 특징을 분석한다.

둘째, 탐구 주제별로 각 교과서가 구성한 탐구 활동의 특징을 참탐구 요소의 측면에서 분석한다.

연구 방법

분석 대상

2015 개정 교육과정에 따른 고등학교 1학년 과학탐구실험 교과서 7종을 분석하였다. 분석 대상 교과서는 각각 금성, 동아, 미래엔, 비상교육, 와이비엠, 지학사, 천재교육에서 출판되었으며, 무작위로 순서를 바꾼 다음 A-G로 표기하였다. 과학탐구실험 교과서의 단원 체계는 역사적으로 과학자들이 수행하였던 탐구에 관한 '역사 속의 과학 탐구', 생활 속 다양한 분야의 과학 원리에 관한 '생활 속의 과학 탐구', 첨단 과학기술에 적용된 과학 원리에 관한 '첨단 과학 탐구'로 구성되어 있다. 각 단원의 핵심 개념은 역사 속의 과학 탐구 단원의 경우 '과학의 본성'과 '과학자의 탐구 방법'이고, 생활 속의 과학 탐구 단원은 '과학적 태도'와 '과학 탐구의 과정'이며, 첨단 과학 탐구 단원은 '과학의 응용'이다.

7종의 교과서에 제시된 탐구 주제의 전체 개수는 131개였고, 각 탐구 주제는 주제의 특성 및 교과서에 따라 1-4개(평균 1.85개)의 탐구 활동으로 구성되어 탐구 활동의 전체 개수는 모두 243개였다(*Table* 1). 이때 하나의 탐구 활동은 한 차시 동안 완성된 활동을 하도록 구성된 경우가 대부분이었기 때문에 이 연구에서는 각각의 탐구 활동을 분석 단위로 설정하였다. 교과서의 앞뒤 또는 중단원 사이에 제시된 실험 기구의 사용 방법 또는 단원 요약 및 마무리와 같이 탐구 활동과 무관한 내용은 분석 대상에서 제외하였다.

***Table* 1.** The number of inquiry tasks by publishers

Unit	Core concepts	Publishers							
		A	B	C	D	E	F	G	Total
Science in history	Nature of science	6	4	3	5	4	6	2	30
	Research method of scientist	4	4	3	4	4	5	2	26
Science in life	Scientific attitude	18	8	8	7	9	6	7	63
	Process of scientific inquiry	13	10	12	17	11	6	4	73
Advanced science	Application of science	10	5	5	10	6	11	4	51
	Total	51	31	31	43	34	34	19	243

분석 기준

과학자들의 탐구에서 나타나는 인지 과정과 특징을 분석하여 참탐구 요소를 추출한 Chinn & Malhotra[9]의 참탐구 분석틀(Authentic inquiry framework)을 수정 및 보완하여 과학탐구실험 교과서의 탐구 활동에 포함된 참탐구 요소를 분석하였다. 먼저 무작위로 한 권의 과학탐구실험 교과서를 선정하여 Chinn & Malhotra[9]의 분석틀을 수정 없이 적용한 예비 분석을 시행한 후, 이를 바탕으로 연구의 맥락에 맞게 참탐구 요소 중 일부를 수정하였다. 예를 들어, 결과 해석하기의 하위 요소 중 측정값의 변환 활동은 그래프 그리기나 합계 또는 평균 내기와 같은 방법으로 측정값을 변환하는 간단한 측정값 변환하기 요소와 미적분 또는 NMR 신호의 해석과 같이 더 복잡한 방법으로 측정값을 변환하는 복잡한 측정값 변환하기 요소로 나뉘어 있었다. 그러나 예비 분석 결과 모든 측정값의 변환 활동은 간단한 측정값 변환하기 요소의 수준을 벗어나지 않았고, 선행 연구에서 제시한 복잡한 측정값 변환하기 요소의 예시는 모두 고등학교 수준을 벗어났기 때문에 간단한 측정값 변환하기 요소와 복잡한 측정값 변환하기 요소는 측정값 변환하기 요소로 통합하였다. 또한 모형 이용하기 요소의 경우, 선행 연구에서는 해안 퇴적층 모형과 같이 거시적 또는 미시적인 현상을 스케일링하여 시각화하는 물리적 모형을 사례로 제시하였으나, 탐구에 활용되는 모형에는 이 외에도 컴퓨터를 활용한 시뮬레이션 모형, 그림이나 수식으로 표현되는 이론적 모형 등 다양한 유형이 있으므로,[31] 이러한 모형을 포함하도록 요소의 정의를 확장하였다. 이후 참탐구 요소들을 유사한 성격을 가지는 요소끼리 범주화하였고, 고등학교 교과서 분석의 맥락을 고려하여 조작적 정의를 도출하였다. *Table* 2에 제시한 최종 분석틀에서는 참탐구 요소를 연구 질문 만들기, 변수 다루기, 관찰 및 측정하기, 결과 해석하기, 연구 발전시키기의 다섯 가지 요소와 열두 가지 하위 요소로 구분하였다.

분석 방법

과학탐구실험 교과서는 핵심 개념에 따라 성취 기준과 탐구 활동의 특성이 달랐기 때문에 먼저 모든 탐구 활동을 핵심 개념에 따라 분류하였다. 이때 2종의 교과서는 모든 탐구 활동이 핵심 개념에 따라 분류되어 있었다. 따라서 2종의 교과서와 교사용 지도서, 교육과정에 제시된 핵심 개념에 따른 성취 기준과 해설 및 대표 탐구 활동 등을 종합적으로 참고하여 나머지 교과서 5종의 탐구 활동을 분류하였다.

또한, 탐구 주제를 교육과정에 따라 모든 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 대표 탐구 주제와 각 교과서에서 추

***Table* 2.** Authentic inquiry framework used in this study

Component	Sub-component	Definition
Generating research questions		Generating and developing research questions on their own
Handling variables	Selecting variables	Selecting or defining variables to observe or measure
	Controlling simple variables	Controlling already-known variables through the process of selecting variables
	Controlling complex variables	Concerning and controlling non-obvious variables which influence experiments
Observing and measuring variables	Observing multiple variables	Observing or measuring multiple variables
	Observing intervening variables	Observing or measuring intervening variables which influence experiments
	Using models	Observing or measuring through a model
Explaining results	Transforming observations	Transforming and interpreting results such as averaging data or graphing
	Considering methodological flaws	Reasoning about flaws in the aspects of method or interpretation of study
	Developing theories	Developing or testing theories about results
Developing studies	Studying inquiries of same topic	Studying multiple inquiries of same topic with different variables or types
	Investigating multiple materials	Investigating task related materials such as research or newspaper

가로 제시한 추가 탐구 주제로 구분하였다. 역사 속의 과학 탐구 단원의 핵심 개념 중 하나인 과학의 본성을 예로 들면, 교육과정에 제시된 대표 탐구 주제에는 '자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 비교하기', '멘델레예프의 주기율표 만들기'가 있었고, 추가 탐구 주제로는 '빛의 색에 대한 뉴턴의 실험' 등이 있었다.

이후 참탐구 분석틀(*Table* 2)을 활용하여 각 탐구 활동에 포함된 참탐구 요소를 분석하였다. 이때 교과서에 제시된 탐구 활동의 맥락을 종합적으로 분석하여 학생이 스스로 해당 요소를 고려하고 실행하도록 한 경우에만 해당 요소가 포함된 것으로 간주하였다. 예를 들어, 변수 선택하기 요소의 경우 실험군과 대조군 등 실험 관련 변인을 교과서에서 지정하고 학생들이 이를 따르도록 한 경우에는 해당 요소가 포함되지 않은 것으로 분석하였다. 반면 "변수를 선택해보자" 또는 "논의해보자"와 같은 지문을 통해 명시적으로 학생들이 실험 및 관찰 활동이나 소집단 내의 의사소통 등의 과정을 거쳐 직접 다양한 변수를 고려하고 선택하도록 한 경우에는 변수 선택하기 요소가 포함된 것으로 분석하였다.

단, 탐구 활동을 바탕으로 추가적인 탐구 주제를 찾는 같은 주제의 여러 가지 탐구하기 요소의 경우 과학탐구실험 교과의 수업이 주로 제한된 정규 시간에 이루어진다는 점을 고려하여 연구를 발전시키는 아이디어 혹은 방법을 찾거나 생각해보도록 한 경우에도 해당 요소가 포함된 것으로 분석하였다. 한 개의 분석 단위 내에서 같은 참탐구 요소가 여러 번 나타난 경우에는 한 번만 코딩하였다.

분석 결과는 먼저 단원별 탐구 활동의 전체 개수 대비 참탐구 요소를 포함하고 있는 탐구 활동의 개수와 백분율을 제시하여 전반적으로 나타나는 참탐구 요소별 특징을 논의하였다. 이후 각 단원 내에서 탐구 주제별 참탐구 요소의 개수와 백분율을 분석하여 교과서별 탐구 활동의 제시 유형과 특징을 논의하였다. 이때, 각 단원 또는 탐구 주제별 탐구 활동의 전체 개수가 모두 다르므로 각 표의 하단에 이를 표시하였다. 모든 기술 통계 분석에는 SPSS statistics 25를 활용하였다.

분석의 신뢰도를 확보하고자 분석 대상 및 기준 설정에 참여하고 최종 분석틀을 숙지한 2인의 연구자가 무작위로 추출한 과학탐구실험 교과서 1권을 각자 분석하였다. 분석 결과를 비교하여 분석자간 일치도를 구하였으며, 논의를 통하여 분석 결과에 대한 이견을 좁히는 과정을 반복하였다. 분석자간 일치도가 .93에 도달한 후 연구자 1인이 모든 교과서를 분석하였다. 연구의 전 과정에 걸쳐 과학교육 전문가 1인, 현직 과학교사 2인, 과학교육 전공 대학원생 5인이 참여한 세미나를 수차례 개최하여 타당성을 검토받고 수정 및 보완하였다.

연구 결과 및 논의

참탐구 요소별 특징

단원별 전체 탐구 활동의 개수(역사 속의 과학 탐구 56개, 생활 속의 과학 탐구 136개, 첨단 과학 탐구 51개, 전체 243개) 대비 참탐구 요소를 포함하는 탐구 활동의 개수와 비율을 분석한 결과를 *Table* 3에 정리하였다.

연구 질문 만들기 요소는 전체 243개의 탐구 활동 중 29개(11.9%)에서 나타났다. 역사 속의 과학 탐구 단원에서의 비율(16.1%)은 상대적으로 높았으나 첨단 과학 탐구 단원에서의 비율(3.9%)은 낮았다. 연구 질문 만들기는 단순한 호기심이나 궁금증을 과학 탐구로 발전시키는 첫 단계로서, 연구 질문을 만드는 과정에 참여하였던 학생들은 이후의 탐구 과정에 주인의식을 가지고 탐구 과정에 몰입하는

***Table* 3.** The number of inquiry activities including the authentic inquiry components

Component	Sub-component	Unit (%)			Total
		Science in history	Science in life	Advanced science	
Generating research questions		9 (16.1)	18 (13.2)	2 (3.9)	29 (11.9)
Handling variables	Selecting variables	9 (16.1)	19 (14.0)	2 (3.9)	30 (12.3)
	Controlling simple variables	3 (5.4)	13 (9.6)	-	16 (6.6)
	Controlling complex variables	2 (3.6)	7 (5.1)	-	9 (3.7)
Observing and measuring variables	Observing multiple variables	21 (37.5)	23 (16.9)	1 (2.0)	45 (18.5)
	Observing intervening variables	-	1 (0.7)	-	1 (0.4)
	Using models	2 (3.6)	1 (0.7)	2 (3.9)	5 (2.1)
Explaining results	Transforming observations	8 (14.3)	30 (22.1)	3 (5.9)	41 (16.9)
	Considering methodological flaws	1 (1.8)	12 (8.8)	-	13 (5.3)
	Developing theories	8 (14.3)	-	-	8 (3.3)
Developing studies	Studying inquiries of same topic	-	5 (3.7)	1 (2.0)	6 (2.5)
	Investigating multiple materials	20 (35.7)	72 (52.9)	31 (60.8)	123 (50.6)
Total number of inquiry activities in each unit		56 (100.0)	136 (100.0)	51 (100.0)	243 (100.0)

것으로 보고되었다.[32] 이는 과학 개념에 대한 이해 향상 및 흥미와 동기 유발 등 과학 탐구에서 기대되는 인지적, 정의적 효과와 직접적으로 관련되므로 중요하다.[3,33] 그러나 2009 개정 초중고 과학교과서의 탐구 활동을 분석했던 선행 연구[22-24]에서는 학생 스스로 연구 질문을 만드는 활동이 약 1% 미만으로 거의 없었던 것으로 보고되었다. 따라서 과학탐구실험 교과서에서 나타난 연구 질문 만들기 요소의 비율은 첨단 과학 탐구 단원을 제외하면 일부 개선되었다고 볼 수 있다.

변수 다루기의 하위 요소 중 변수 선택하기 요소의 단원별 비율(3.9-16.1%)은 연구 질문 만들기 요소와 거의 같았다. 간단한 변인 통제 요소와 복잡한 변인 통제하기 요소는 역사 속의 과학 탐구(5.4%, 3.6%)와 생활 속의 과학 탐구 단원(9.6%, 5.1%)에서만 낮은 비율로 나타났다. 탐구에서 적절한 변수를 선택하고 통제하는 것은 탐구 문제의 인과관계를 밝히고 올바른 실험 설계를 하기 위한 필수적인 능력이다.[34,35] 그러나 2009 개정 교육과정에 따른 초중고 과학 교과서의 탐구 활동은 변수에 관한 결정권이 매우 부족한 것으로 보고되었으며,[10,23,25] 이에 학생들은 변인에 대한 인식이 부족하고 변인 통제 활동을 잘 수행하지 못하는 것으로 나타났다.[36,37] 과학탐구실험 교과서에서 변수 선택하기 요소의 비율은 선행 연구[22–24]에서 보고한 비율(6.0-8.1%)보다는 다소 높았으나, 변인 통제까지 고려하도록 한 경우는 여전히 낮았다는 점은 보완할 필요성이 있다.

관찰 및 측정하기의 하위 요소 중 다양한 변수 측정하기 요소(18.5%)는 역사 속의 과학 탐구 단원에서 특히 높은 비율(37.5%)로 나타났으나, 모든 단원에서 방해 변수 측정하기(0.4%)와 모형 이용하기 요소의 비율(2.1%)은 매우 낮았다. 방해 변수의 고려 및 측정은 탐구가 비구조화된 환경에서 이루어질수록 중요하며,[38] 학생들이 측정의 본성에 대하여 올바르게 인식할 수 있도록 촉진한다.[39] 또한, 학생들은 모형을 만들고 모형의 적절성을 검토하는 과정에서 비판적 사고력을 향상할 수 있다.[40,41] 특히 모형을 만들고 수정하는 모델링 활동을 통한 탐구는 효과적인 과학 교수 학습의 방법으로 주목받고 있으므로[42] 해당 요소들을 보다 적극적으로 고려할 필요가 있다.

결과 해석하기에서는 측정값 변환하기 요소를 포함한 탐구 활동의 비율(16.9%)이 특히 생활 속의 과학 탐구 단원에서 비교적 높은 편(22.1%)이었다. 측정값의 변환은 단순히 자료를 해석하는 것보다 높은 수준의 사고를 요구하는 자료 활용 방식이며, 원자료에서는 드러나기 어려운 특징을 발견할 기회를 제공하므로 중요하다.[31] 반면 과정상 결함 고려하기(5.3%)와 이론 발전시키기 요소의 비율(3.3%)은 모든 단원에서 낮았다. 이러한 활동은 학생들의 반성적 사고를 촉진하고 탐구의 목적과 결과에 대한 이해를 높일 수 있다.[32] 따라서 측정값 변환하기 요소를 제외한 결과 해석하기의 하위 요소들이 부족했던 점은 개선할 필요가 있다.

연구 발전시키기의 하위 요소 중 같은 주제의 여러 가지 탐구하기 요소의 비율(2.5%)은 모든 단원에서 매우 낮았다. 다른 자료 조사하기 요소는 가장 높은 비율(50.6%)로 나타났으나, 대부분 탐구 주제에 관한 원리나 이론을 조사하는 맥락이었으며 탐구를 확장하거나 발전시키기 위한 목적으로 다른 자료를 조사하는 활동은 거의 없었다. 다른 사람의 연구를 조사하거나 같은 주제에 다른 변인 또는 접근법을 적용하여 연구를 확장하는 것은 과학사적으로도 탐구의 중요한 요소로 인식되어왔다.[43] 학교 과학 탐구에

***Table* 4.** The number of inquiry activities including the authentic inquiry components in 'Science in history' unit

Component	Sub-component	Nature of science			Research method of scientist			Total
		Movement of objects	Periodic table	Additional inquiry tasks	Mass extinction	Biogenesis	Additional inquiry tasks	
Generating research questions		-	-	-	2 (18.2)	6 (46.2)	1 (50.0)	9 (16.1)
Handling variables	Selecting variables	-	-	-	-	8 (61.5)	1 (50.0)	9 (16.1)
	Controlling simple variables	-	-	-	-	2 (15.4)	1 (50.0)	3 (5.4)
	Controlling complex variables	-	-	-	-	1 (7.7)	1 (50.0)	2 (3.6)
Observing and measuring variables	Observing multiple variables	8 (61.5)	-	2 (50.0)	4 (36.4)	6 (46.2)	1 (50.0)	21 (37.5)
	Observing intervening variables	-	-	-	-	-	-	-
	Using models	-	-	-	1 (9.1)	-	1 (50.0)	2 (3.6)
Explaining results	Transforming observations	7 (53.8)	-	-	-	-	1 (50.0)	8 (14.3)
	Considering methodological flaws	-	-	-	-	1 (7.7)	-	1 (1.8)
	Developing theories	-	8 (61.5)	-	-	-	-	8 (14.3)
Developing studies	Studying inquiries of same topic	-	-	-	-	-	-	-
	Investigating multiple materials	3 (23.1)	4 (30.8)	-	7 (63.6)	4 (30.8)	2 (100.0)	20 (35.7)
Total number of inquiry activities in each task		13 (100.0)	13 (100.0)	4 (100.0)	11 (100.0)	13 (100.0)	2 (100.0)	56 (100.0)

서도 학생들은 기존의 연구 문제를 변형하여 새로운 연구 문제를 만드는 경우가 있으므로,[44] 학생들에게 연구 관련 자료를 체계적으로 수집하고 분석하는 경험을 제공할 필요가 있을 것이다.

역사 속의 과학 탐구 단원

역사 속의 과학 탐구 단원의 주제별 참탐구 요소 분석 결과를 *Table* 4에 제시하였다. 첫 번째 핵심 개념인 과학의 본성에서 대표 탐구 주제는 '자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 비교하기'(이하 물체의 운동)와 '멘델레예프의 주기율표 만들기'(이하 주기율표)이며, 각각 13개의 탐구 활동이 제시되었다. 추가 탐구 주제는 2종의 교과서(A, F)에서 세 가지의 탐구 주제로 총 4개의 활동이 제시되었다.

물체의 운동 주제에서는 모든 교과서가 학생 스스로 낙하 실험을 한 후 결과를 그래프로 나타내어 비교하고 분석하도록 활동을 구성하였으며, 이에 다양한 변수 측정하기와 측정값 변환하기의 두 가지 요소가 공통적으로 나타났다. 이때, 교과서 F에서는 그래프의 x축과 y축에 해당하는 물리량을 제시하지 않고 학생들이 자유롭게 축 설정을 하도록 하였다. 이는 학생들에게 종속 변인과 조작 변인에 대하여 생각할 기회를 제공하며, 이를 통해 학생들은 변수 간의 관계와 실험의 목적 등을 고려할 수 있으므로 바람직하다. 하지만 학생들은 그래프 구성 경험이 부족하여 많은 오류가 나타나기도 하므로,[45,46] 교사의 적절한 지도가 뒷받침될 필요가 있다. 또한 3종의 교과서(A, C, G)는 추가로 다른 자료 조사하기 요소를 포함하고 있었으며, 주로 도입 단계에서 물체의 운동 관련 연구를 수행했던 과학자들의 실험 내용이나 주장을 학생들이 직접 조사하도록 하였다. 반면 연구 질문 만들기 요소는 모든 교과서가 "자유낙하하는 물체와 수평으로 던진 물체의 운동은 어떻게 다를까?"(F)와 같이 구체적인 연구 질문을 제시하여 나타나지 않았다. 또한 물체의 질량과 모양, 운동 방향 등 구체적인 변수와 통제 변인, 실험 과정도 상세히 제시하고 있었기 때문에 다른 참탐구 요소가 모두 나타나지 않았다. 따라서 물체의 운동 주제는 모든 교과서가 유사한 탐구 활동을 구성하였으며, 변수 다루기 측면에서는 구조화된 형태로 구성되었다고 볼 수 있다.

주기율표 주제에서는 여러 가지 원소의 경향성 찾기와 원소 카드를 이용한 주기율표 만들기 활동이 주를 이루었기 때문에 변수를 선택하거나 관찰, 측정하는 활동이 없었으므로 이론 발전시키기(61.5%)와 다른 자료 조사하기 요소(30.8%)를 제외한 다른 참탐구 요소가 나타나지 않았다. 이론 발전시키기 요소는 모든 교과서에서 두 가지 유형으로 나타났는데, 소집단 활동을 통하여 각 원소의 성질이 적힌 원소 카드를 배열하면서 멘델레예프의 사고과정을 학생들이 직접 경험하도록 하거나(A, D, E, F, G), 독창적인 원소 분류 기준을 정한 후 나만의 주기율표를 만들도록 하였다(B, C). 이때 전자의 활동은 정해진 답을 찾아가는 과정이지만, 후자의 활동은 과학적 창의성을 요구하는 더욱 개방적인 활동이라 할 수 있다. 다른 자료 조사하기 요소의 경우 4종의 교과서(B, C, F, G)에서만 각각 한 번씩 나타났는데, 학생들이 직접 주요 원소의 성질, 주기율의 발견 과정 또는 주기율표의 발전에 기여한 과학자들의 업적을 조사하도록 하였다. 반면, 다른 교과서에서는 모든 원소의 성질이 기록된 원소 카드나 과학자들의 업적을 미리 제시하여 다른 자료 조사하기 요소가 나타나지 않았다.

과학의 본성에 관한 추가 탐구 주제 중에서 '빛의 색에 대한 뉴턴의 결정적 실험' 주제는 두 개의 탐구 활동으로 구성되었으며, 물체의 운동 주제와 유사하게 다양한 변수 측정하기 요소만 나타났다. 다음으로 각각 하나의 탐구 활동으로 제시된 '물체의 운동에 대한 아리스토텔레스의 생각 알아보기'와 '과학의 본성 알아보기' 주제는 모두 소집단을 구성하여 과학의 본성에 대해 논의하는 활동으로 구성되어 있었기 때문에 참탐구 요소가 나타나지 않았다.

한편, 두 번째 핵심 개념인 과학자의 탐구 방법의 대표 탐구 주제는 귀납적 탐구 과정에 관한 '지질 시대 동안 생물 대멸종의 원인과 그 후 변화 조사하기'(이하 생물 대멸종)와 연역적 탐구 과정에 관한 '파스퇴르의 생물 속생설 도출 과정 검토하기'(이하 생물 속생설)이며, 각각 11개, 13개의 탐구 활동이 제시되었다. 추가 탐구 주제는 과학의 본성에서 추가 탐구 주제를 제시했던 2종의 교과서(A, F)에서 두 가지의 탐구 주제로 각각 하나의 탐구 활동을 제시하였다.

생물 대멸종 주제는 모든 교과서가 화석의 분포와 지층의 이리듐 농도 등에 관한 다른 자료 조사하기 요소를 포함하고 있었고, 교과서 B, D, G에서만 추가로 1-2가지의 참탐구 요소가 더 나타났다. 연구 질문 만들기 요소는 교과서 D에서만 나타났는데, 다른 교과서의 경우 연구 문제를 미리 제시하거나(3종), 연구 문제와 자료를 제시한 뒤 학생이 가설을 설정하도록 하였다(2종). 귀납적 탐구에서는 먼저 연구 문제가 만들어져야 이에 대한 가설을 설정할 수 있으므로,[47,48] 연구 문제를 제시한 후 가설을 설정하도록 한 교과서는 연구 문제를 미리 제시한 교과서보다 학생의 참여를 좀 더 이끌어낸 방식으로 볼 수 있다. 다양한 변수 측정하기 요소(B, D, G)는 조사한 자료를 분석하는 과정에서 나타났으며, 모형 이용하기 요소는 종이와 색연필을 이용하여 지층의 단면도를 만드는 활동을 포함한 교과서 B에서만 나타났다. 생물 대멸종 주제와 같이 실험을 통한 가설 검증이 어려운 탐구 주제는 추론 또는 모형을 통해 탐구가 가능하므로[49] 이와 관련된 참탐구 요소가 주로 나타

난 것으로 볼 수 있다.

생물 속생설 주제에서는 상대적으로 다양한 참탐구 요소가 나타났는데, 3종의 교과서(A, B, E)에서 4-5가지의 참탐구 요소가 나타났고, 다른 교과서에서도 2-3가지의 참탐구 요소가 나타났다. 특히 교과서 A와 E는 학생들이 직접 생물 속생설을 검증할 수 있는 실험을 설계하는 개방적인 탐구 활동을 제시하였다. 백조목 설치 여부 등에 관한 변수 선택하기 요소는 모든 교과서에서, 다양한 변수 측정하기 요소는 교과서 E를 제외한 모든 교과서에서 나타났다. 연구 질문 만들기 요소는 4종의 교과서(A, B, E, F)에서 나타났는데, 파스퇴르나 레디의 자료를 제공한 후 이들의 관점에서 연구 질문을 만들거나 새로운 연구 질문을 만들도록 하였다. 교과서 A, E에서는 통제 변인을 고려하도록 하여 간단한 변인 통제 요소가 함께 나타났으며, 교과서 E에서는 실험에 영향을 미쳤을 수 있는 다른 변인까지 검토하는 복잡한 변인 통제하기 요소도 나타났다. 또한, 교과서 A에서는 니덤과 스팔란차니의 실험을 제시한 뒤 실험의 문제점을 찾고 해결방안을 찾도록 하는 과정상 결함 고려하기 요소가 나타났다. 이 경우는 비록 자신의 탐구 과정을 검토한 것은 아니지만, 타인의 탐구 과정을 분석하여 결함을 찾도록 한 것이므로 해당 사례로 분석하였다.

과학자의 탐구 활동에 관한 두 가지의 추가 탐구 주제 중에서 교과서 A의 '과학의 탐구 방법 이해하기' 주제는 소집단 활동을 통해 귀납적 탐구와 연역적 탐구를 비교하는 활동으로 다른 자료 조사하기 요소만 나타났다. 반면, 교과서 F의 '조선 시대의 과학기술 원리 알아보기' 주제는 조선 시대의 과학 유물 하나를 선택하여 적용된 과학 원리를 알아보기 위한 연구 문제를 만들고 실험을 설계한 뒤 결론을 도출하는 개방적 탐구 활동으로 설계되어 모두 8가지의 참탐구 요소가 나타났다.

역사 속의 과학 탐구에서 과학의 본성에 관한 탐구 주제는 탐구 후 결정적 실험을 통한 패러다임의 변화, 과학적 지식 발견의 우연성과 같은 과학의 본성에 대하여 논의하거나 정리하는 활동을 추가로 포함한 경우가 많았다. 또한, 과학자의 탐구 과정에 관한 탐구 주제에서도 귀납적, 연역적 탐구 과정을 경험한 후 이를 과학의 본성과 연결 지어 생각하는 활동을 포함한 경우가 많았다. 과학의 본성을 고려하는 것은 과학 탐구 과정에 대한 이해를 긍정적으로 변화시키는 데 중요한 역할을 하며,[50] 귀납적 사고와 연역적 사고는 과학 지식을 형성하는 대표적인 방법임에도[51] 그동안 학교 과학 탐구에서 과학의 본성이나 탐구 방법에 대한 고려는 암묵적인 수준에서 다루어져 왔다.[27,29] 따라서 역사 속의 과학 탐구 단원은 그동안 암묵적으로 다루어왔던 과학의 본성 및 과학자의 탐구 과정을 핵심 개념으로 다루면서 학생들이 이를 명시적으로 인식할 기회를 제공하였다는 점에서 가치가 높지만, 참탐구 측면에서 물체의 운동 주제 등 일부 탐구 주제가 다소 구조화된 형태로 구성되었다는 점에서 개선의 여지가 있다고 할 수 있다.

생활 속의 과학 탐구 단원

생활 속의 과학 탐구 단원의 주제별 참탐구 요소 분석 결과를 *Table* 5에 제시하였다. 생활 속의 과학 탐구의 첫 번째 핵심 개념은 과학적 태도이며, 대표 탐구 주제는 '우리 주변에서 천연 항생 물질 찾기'(이하 천연 항생 물질)와 '생활 주변에서 탐구 가능한 질문을 찾아서 탐구 수행하기'(이하 생활 주변 탐구)이며, 각각 11개, 28개의 탐구 활동이 제시되었다. 추가 탐구 주제는 5종의 교과서(A, B, D, E, F)에서 총 21개의 탐구 활동이 제시되었다.

천연 항생 물질 주제에서는 주변 식물에서 찾을 수 있는 항생 물질의 조사와 추출 및 항균 효과의 검증 실험이 주로 이루어졌다. 또한 교육과정의 지침에 따라 연구 윤리 및 실험 안전에 관한 논의 활동도 추가로 이루어졌다. 이 주제에서 교과서 F는 7가지, 교과서 D, G는 4-5가지, 다른 교과서는 2-3가지의 참탐구 요소가 나타났다. 교과서 F는 다른 6종의 교과서와 달리, "우리 주변의 항생 물질을 찾기 위한 모둠의 탐구 문제를 써보자."와 같은 지문을 통해 유일하게 연구 질문 만들기 요소가 나타났고, 이 외에도 학생들이 관측 대상을 선택하는 방식이나 자료를 변환하는 방식, 변인을 표시하는 방식을 모두 학생의 자율에 맡김으로써 복잡한 변인 통제하기 요소를 포함한 변수 다루기 요소의 모든 하위 요소가 나타났다. 세균 군체의 수를 세거나 지름을 측정하는 등의 활동과 관련하여 다양한 변수 측정하기 요소는 6종(A, C, D, E, F, G), 변수 선택하기 요소는 3종(C, D, G), 측정값 변환하기 요소는 3종의 교과서(D, F, G)에서 각각 나타났다. 또한, 교과서 C는 "여과지 A가 대조군이 되려면 물질과 용액을 어떻게 처리해야 할까?"와 같이 간단한 변인 통제하기 요소도 포함하고 있었다. 하지만 방해 변수 측정하기, 과정상 결함 고려하기 등의 요소는 모든 교과서에서 명시적으로 다루지 않았다. 따라서 이 탐구 주제에서 교과서 F는 각 요소에서 학생 선택의 폭과 자율성은 더 높았지만, 다른 6종의 교과서에서 나타나지 않았던 참탐구 요소까지 충분히 고려하지는 못하였음을 알 수 있다.

생활 주변 탐구 주제는 주로 샴푸와 스프레이 등의 생활용품, 놀이기구, 스포츠, 영화, 홀로그램과 같은 여러 가지 일상 소재에 적용된 과학 원리를 찾는 활동으로 구성되었다. 이 주제에서는 교과서에 따라 편차가 크게 나타났는데, 교과서 C와 G는 학생들이 직접 연구 질문을 만드는 활동으로 탐구를 구성하여 각각 8, 9가지의 참탐구 요소가 나타났다. 예를 들어, 교과서 G의 일상 생활 제품 속 과학 원

***Table* 5.** The number of inquiry activities including the authentic inquiry components in ‘Science in life’ unit

Component	Sub-component	Scientific attitude			Process of scientific inquiry				Total
		Natural antibiotic materials	Daily commo-dities	Additional inquiry tasks	Climate change	Neutrali-zing acid soil	Prevent-ing safety accidents	Additional inquiry tasks	
Generating research questions		1 (9.1)	3 (10.7)	-	-	1 (7.7)	3 (25.0)	10 (26.3)	18 (13.2)
Handling variables	Selecting variables	4 (36.4)	6 (21.4)	-	-	1 (7.7)	1 (8.3)	7 (18.4)	19 (14.0)
	Controlling simple variables	2 (18.2)	4 (14.3)	-	-	1 (7.7)	1 (8.3)	5 (13.2)	13 (9.6)
	Controlling complex variables	1 (09.1)	2 (7.1)	-	-	-	1 (8.3)	3 (7.9)	7 (5.1)
Observing and measuring variables	Observing multiple variables	6 (54.5)	9 (32.1)	-	-	2 (15.4)	1 (8.3)	5 (13.2)	23 (16.9)
	Observing intervening variables	-	1 (3.6)	-	-	-	-	-	1 (0.7)
	Using models	-	1 (3.6)	-	-	-	-	-	1 (0.7)
Explaining results	Transforming observations	3 (27.3)	3 (10.7)	-	12 (92.3)	1 (7.7)	1 (8.3)	10 (26.3)	30 (22.1)
	Considering methodological flaws	-	1 (3.6)	4 (19.0)	-	2 (15.4)	1 (8.3)	4 (10.5)	12 (8.8)
	Developing theories	-	-	-	-	-	-	-	-
Developing studies	Studying inquiries of same topic	-	1 (3.6)	-	-	1 (7.7)	-	3 (7.9)	5 (3.7)
	Investigating multiple materials	6 (54.5)	18 (64.3)	13 (61.9)	3 (23.1)	7 (53.8)	5 (41.7)	20 (52.6)	72 (52.9)
Total number of inquiry activities in each task		11 (100.0)	28 (100.0)	21 (100.0)	13 (100.0)	13 (100.0)	12 (100.0)	38 (100.0)	136 (100.0)

리를 찾는 탐구에서는 연구 질문 만들기, 변수 다루기의 모든 하위 요소와 다양한 변수 측정하기 요소가 나타났으며, 특히 소집단 활동 후 “실험을 수행하고 오류가 없는지 확인해보자”(G)와 같은 지문을 통하여 설계한 실험을 수행한 뒤 오류를 검토하는 과정상 결함 고려하기 요소가 나타났다. 또한, 조선 시대 그림을 소재로 한 탐구에서는 천체의 운동에 관한 시뮬레이션 프로그램을 활용하는 모형 이용하기 요소가 나타났다. 한편, 다른 5종의 교과서는 학생들에게 탐구 대상과 연구 문제를 특정한 후 적용된 과학 원리를 찾도록 하여 교과서 E에서 4가지, 다른 교과서에서는 0-2가지의 참탐구 요소가 나타났다. 이때 육상, 컬링 등 스포츠를 소재로 한 경우에는 “다양한 표면을 선택하여 실험을 반복해 보자”(E)와 같이 변인에 따른 측정값을 기록하고 평균이나 그래프를 통하여 비교하는 과정에서 변수 선택하기, 다양한 변수 측정하기, 측정값 변환하기 요소가 주로 나타났다. 이에 생활 주변 탐구 주제에서는 교과서 C와 G를 중심으로 다양한 참탐구 요소가 나타났다고 할 수 있다.

과학적 태도에 관한 추가 탐구는 사물 만들기, 연구 윤리 및 실험 안전, 플라스틱, 식품첨가물, 범죄 수사 등 다양한 주제로 제시되었다. 하지만 대부분의 활동은 구조화된 형태로 제시되었거나 탐구 활동을 포함하지 않았기 때문에 다른 자료 조사하기 요소를 제외한 다른 참탐구 요소는 거의 나타나지 않았다. 예를 들어, 사물 만들기를 소재로 한 5종의 교과서(A, B, D, E, F)는 온도계, 비행체, 치즈 등의 만들기를 소재로 하였으며, 만든 온도계가 제대로 작동하지 않는 경우 원인을 찾아보는 활동에서 과정상 결함 고려하기 요소(B)가 나타났다. 연구 윤리 및 실험 안전을 주제로 한 경우(A, B, E)는 주로 연구 윤리, 지적 재산권, 실험 안전 등에 관한 자료 조사 및 글쓰기 위주의 소집단 활동이 주로 이루어졌으며, 연구 윤리를 만족하려면 실험 방법이나 결과를 어떻게 수정해야 하는지 검토하는 활동에서 과정상 결함 고려하기 요소(B, E)가 나타났다. 이 외에 플라스틱 장식품 만들기(A), 식품첨가물의 검출(B), 지문이나 혈흔 등 범죄 수사에 관한 탐구(C)는 학생들의 실험 활동을 포함하고 있었으나 실험 재료와 절차가 모두 구조화되어 다른 자료 조사하기 요소를 제외한 참탐구 요소는 나타나지 않았다.

한편, 두 번째 핵심 개념인 과학 탐구의 과정의 대표 탐구 주제는 ‘관측 자료를 활용하여 한반도의 기후 변화 경

향성 파악하기'(이하 기후 변화), '산성화된 토양, 호수 등을 중화시키는 방법 고안하기'(이하 산성화된 토양 중화), '운동 관련 안전사고 예방장치 고안하기'(이하 안전사고 예방)이며, 각각 13개, 13개, 12개의 탐구 활동이 제시되었다. 추가 탐구 주제는 모든 교과서에서 총 38개의 탐구 활동이 제시되었다.

기후 변화 주제는 각종 자료를 분석하고 그 결과를 정리하여 나타내는 활동으로 구성되었으며, 모든 교과서는 수집된 자료를 표와 그래프, 등고선을 포함한 그림 등 다양한 표상으로 변환하는 측정값 변환하기와 기후 변화와 관련된 현상과 자료를 수집하는 다른 자료 조사하기의 1-2가지의 참탐구 요소만을 포함하고 있었다. 이때, 4종의 교과서(A, C, D, G)는 도움말을 통하여 학생들에게 추세선, 축, 눈금, 그래프 종류에 따른 특성 등 그래프 구성 요소에 대한 정보를 제공하였고, 3종의 교과서(A, F, G)는 스프레드시트 등의 컴퓨터 프로그램을 이용하여 자료 변환을 하도록 하였다. 학생들은 자료를 그래프로 변환하고 해석하는 데 어려움을 겪는 경우가 많고,[52] 축과 추세선 등 그래프의 특정 구성 요소를 표시하는 데 어려움을 겪는 경우가 많으므로[53] 이러한 정보는 학생들의 그래프 활용 능력을 향상시키는 데 도움이 될 수 있다. 즉, 이 주제는 학생들이 참탐구 요소 중 측정값 변환하기 요소에 관한 활동을 집중적으로 경험할 수 있도록 구성되었다고 볼 수 있다.

산성화된 토양 중화 주제의 탐구 활동은 크게 세가지 유형으로 나누어졌다. 먼저 교과서 G는 실험 활동 없이 토양 산성화에 관한 자료 조사 후 대처 방안을 계획하도록 하였고, 3종의 교과서(A, B, F)는 구조화된 실험 활동을 포함하여 공통적으로 다른 자료 조사하기 요소만 나타났다. 한편, 교과서 C와 D는 중화 반응에 관한 구조화된 실험을 수행한 뒤 학생들이 선행 실험 결과를 이용하여 이어지는 후속 실험을 설계하거나 실제 산성화된 호수에 적용하는 방안을 탐구하도록 하였다. 이에 후반부의 활동에서 다양한 변수 측정하기, 측정값 변환하기, 같은 주제의 여러 가지 탐구하기의 다양한 참탐구 요소가 각각 4, 2가지씩 나타났다. 한편, 처음부터 개방된 탐구 활동을 구성한 교과서 E에서는 추가로 변수 선택하기와 간단한 변인 통제하기, 실험 보고서와 발표 후 문제점을 토의하는 과정상 결함 고려하기 요소가 나타났다. 이 주제에서 참탐구 요소의 종류는 교과서 E에서 5가지로 가장 많이 나타났다. 하지만 교과서 C, D의 경우에는 구조화된 실험 활동이 스캐폴딩으로 작용하여 이후 학생들이 스스로 탐구를 설계하는 활동에 도움을 줄 수 있다는 점에서 주목할만한 탐구 활동 구성 방식이라 할 수 있다.

안전사고 예방 주제는 정해진 소재에 대한 안전장치를 설계하는 활동만을 포함하거나(A, C, D, E) 학생들이 안전장치의 과학적 원리에 관한 구조화된 실험 활동을 하도록 구성하여(B, G) 연구 질문 만들기(A, B), 과정상 결함 고려하기(B), 다른 자료 조사하기 요소(A, B, C, D) 중 0-3가지 참탐구 요소만 포함하였다. 반면, 교과서 F는 구체적인 탐구 문제 설정부터 결과 해석까지 학생들이 스스로 수행하도록 하여 6가지의 참탐구 요소가 나타났다. 특히 이 활동은 탐구 문제 설정부터 결과 해석이 모두 포함된 예시를 먼저 제공한 뒤, 이를 바탕으로 "탐구 문제를 써보자", "변인을 설정해보자", "탐구 과정을 설계하고 수행해보자", "표나 그래프 등으로 정리해 보자"와 같이 구체적인 지문을 통해 단계별로 탐구를 수행하도록 하였다. 이와 같이 구체적인 예시를 제공한 후 탐구를 수행하도록 구성한 것은 산성화된 토양 주제에서 나타난 사례와 유사한 형태로서, 개방형 탐구에서 학생들이 겪을 수 있는 어려움을 줄일 수 있다는 측면에서 바람직하다.

과학 탐구 과정에 관한 추가 탐구 주제는 크게 반구조화된 실험이 포함된 탐구, 개방형 실험이 포함된 탐구, 실험 활동을 포함하지 않는 탐구의 세 가지로 나누어서 분석할 수 있었다. 먼저 반구조화된 실험이 포함된 탐구 주제에는 생활 주변의 물질 소재 중에서 비타민 C와 소화제에 관한 탐구(A, D, F), 무중력에 관한 탐구(B), 태양광 및 자외선과 관련한 탐구(C, D), 측정을 소재로 한 탐구(A, B)가 있다. 이 유형에서는 공통적으로 다양한 변수 측정하기, 측정값 변환하기, 다른 자료 조사하기 요소가 나타났고, 일부 탐구 활동에서는 연구 질문 만들기, 변수 선택하기, 같은 주제의 여러 가지 탐구하기의 3-6가지 참탐구 요소가 나타났다. 개방형 실험이 포함된 탐구 주제에는 생활 주변의 물질 소재 중에서 효소를 소재로 한 교과서 C의 탐구와 '삶의 질을 향상하는 탐구 수행하기', '생활 속 문제 해결하기'와 같이 구체적인 주제를 제공하지 않은 탐구(E, F, G)가 해당된다. 이 유형은 앞의 참탐구 요소가 모두 포함되었을 뿐 아니라 추가적으로 변인 통제하기 요소가 나타났고, 일부 과정상 결함 고려하기까지 모두 7-8가지의 참탐구 요소를 포함하고 있었다. 나머지 탐구 주제는 모두 실험 활동을 포함하고 있지 않았으며, 다른 자료 조사하기 요소 한 가지만 일부 나타났다.

생활 속의 과학 탐구 단원에서는 참탐구 요소와 관련된 활동이 소집단 탐구 활동을 통하여 나타나는 경향이 있었다. 이때, 소집단 구성원 사이의 상호작용뿐 아니라 소집단과 소집단 사이의 상호작용이 일어나도록 탐구 활동을 구성한 경우도 있었다. 예를 들어, 연구 질문 만들기나 과정상 결함 고려하기 요소와 관련하여 집단 별로 연구 질문 또는 실험 설계를 발표한 뒤 다른 모둠의 의견을 반영하여 수정할 기회를 제공하였다. 탐구 후에는 소집단 별 탐구 결과를 공유하고 같은 주제의 여러 가지 탐구하기 요소를

***Table* 6.** The number of inquiry activities including the authentic inquiry components in science in 'Advanced science' unit

Component	Sub-component	Application of science					Total
		Photovoltaic power generation	Appropriate technology	Development of advanced material	Eco-friendly city	Additional inquiry tasks	
Generating research questions		-	-	1 (10.0)	1 (8.3)	-	2 (3.9)
Handling variables	Selecting variables	2 (15.4)	-	-	-	-	2 (3.9)
	Controlling simple variables	-	-	-	-	-	-
	Controlling complex variables	-	-	-	-	-	-
Observing and measuring variables	Observing multiple variables	-	-	-	-	1 (20.0)	1 (2.0)
	Observing intervening variables	-	-	-	-	-	-
	Using models	-	-	1 (10.0)	-	1 (20.0)	2 (3.9)
Explaining results	Transforming observations	3 (23.1)	-	-	-	-	3 (5.9)
	Considering methodological flaws	-	-	-	-	-	-
	Developing theories	-	-	-	-	-	-
Developing studies	Studying inquiries of same topic	-	-	-	-	1 (20.0)	1 (2.0)
	Investigating multiple materials	6 (46.2)	7 (63.6)	6 (60.0)	8 (66.7)	4 (80.0)	31 (60.8)
Total number of inquiry activities in each task		13 (100.0)	11 (100.0)	10 (100.0)	12 (100.0)	5 (100.0)	51 (100.0)

포함하는 활동을 하는 경우도 있었다. 이와 같이 유사한 주제의 탐구를 하는 여러 소집단이 상호작용하며 각자의 탐구를 개선하는 활동은 과학자 사회에서 일어나는 탐구 과정과 유사하며, 학생들은 이 과정에서 탐구 문제를 명료화하고 탐구 방향에 대한 합의점을 도출하는 과정을 경험할 수 있다.[54] 이러한 특징은 참탐구 요소와 관련된 활동을 도입하는 데 유용한 시사점을 제공한다.

첨단 과학 탐구

첨단 과학 탐구 단원의 핵심 개념인 과학의 응용에 관한 주제별 참탐구 요소 분석 결과를 *Table* 6에 제시하였다. 대표 탐구 주제는 '태양광 발전을 이용한 장치 고안하기'(이하 태양광 발전), '적정 기술을 적용한 장치 고안하기'(이하 적정 기술), '신소재 개발 사례 조사하기'(이하 신소재 개발), '지속가능한 친환경 에너지 도시 설계하기'(이하 친환경 에너지)이며, 각각 13개, 11개, 10개, 12개의 탐구 활동이 제시되었다. 추가 탐구 주제는 3종의 교과서(A, B, F)에서 4가지의 탐구 주제로 총 5개의 활동이 제시되었다.

태양광 발전 주제는 태양 전지의 원리를 이해한 후 태양광 발전 장치를 제작하고 전력 생산량에 영향을 주는 요소를 탐구하는 활동으로 이루어졌으며 교과서별로 0-3개의 참탐구 요소를 포함하였다. 구체적으로 6종의 교과서(A, B, C, E, F, G)에서는 태양 전지의 원리 또는 태양광 발전을 이용한 장치를 조사하는 다른 자료 조사하기 요소가 나타났다. 2종의 교과서(A, B)에서는 태양 전지에 비출 광원의 종류나 태양 전지의 효율에 영향을 미칠 요소에 관한 변수 선택하기 요소가 나타났고, 3종의 교과서(B, C, G)에서는 전류와 전압의 변화를 그래프 등으로 나타내는 측정값 변환하기 요소가 나타났다. 태양광 발전 장치의 제작 과정은 정해진 절차를 요구하므로 구체적으로 안내될 필요가 있다. 그러나 대부분의 교과서는 장치를 제작한 이후의 활동까지 구조화하여 미리 제시한 경우가 대부분이었다. 장치를 제작한 이후 이루어지는 태양 전지의 효율 비교와 같은 활동은 학생들도 충분히 계획할 수 있으므로 이에 관하여 다양한 참탐구 요소가 포함될 수 있도록 활동을 구성할 필요가 있다.

적정 기술 주제에서 5종의 교과서(A, B, C, D, E)는 적정 기술의 종류와 과학적 원리를 조사하고 개선 방법을 제안하도록 하였고, 2종의 교과서(F, G)는 정해진 절차를 따라 페트병 램프 등 기존의 적정 기술 중 한 가지를 직접 만들어보도록 하였다. 이에 다른 자료 조사하기 요소 한 가지를 제외한 다른 참탐구 요소는 나타나지 않았다. 적정 기술은 창의적인 아이디어와 과학적 사고를 바탕으로 특정 지역의 문화적, 지역적 조건이나 생활 방식에 맞게 삶의 질을 향상하는 기술로서, 학생들은 관련 활동을 통하여 창의적 사고력, 리더십을 개발하고 과학적 태도를 함양할 수 있다.[55] 따라서 이 주제의 활동은 기존의 적정 기술을 조사하거나 절차를 따라 단순히 만들어보는 수준을 넘어 적정 기술을 적용한 창의적인 만들기 활동을 중심으로 하는 것이 바람직할 것이다.

신소재 개발 주제와 친환경 에너지 주제는 모두 다양한 신소재 또는 친환경 에너지의 성질과 이용 사례 등을 조사하도록 하였다. 신소재 개발 주제에서 교과서 A는 분자 모형을 이용하여 탄소 나노 소재의 분자 구조 모형을 만든

후 신소재 개발에 관한 신문 만들기를 하였고, 친환경 에너지 주제에서 교과서 B는 자료 조사 전에 친환경 에너지 도시의 지향점에 관한 탐구 문제를 설정하도록 하였다. 이 경우를 제외한 탐구 활동은 대체로 자료 조사 및 홍보물이나 설계도를 만드는 활동으로만 이루어졌기 때문에 다른 자료 조사하기 요소 한 가지만 나타났다. 이러한 활동은 STS 측면에서 과학기술과 사회문화의 접점을 마련한다는 점에서 의미가 있으나, 학생들이 신소재 및 친환경 에너지와 관련한 활동을 경험하도록 한 후 이를 바탕으로 학생들에게 홍보물 및 설계도 만들기 활동을 하도록 하는 방안도 고려할 수 있다.

과학의 응용에 관한 추가 탐구 주제는 한옥, 전통 시계, 생체 모방 기술, 우주 항공 기술 등 전통 또는 첨단 과학기술에 적용된 과학 원리를 조사하거나 관련 실험을 수행하는 활동으로 제시되었다. 이때 한옥을 주제로 한 탐구에서는 건물 모형을 이용하여 구조에 따른 안정성을 비교하고 전통 건축 구조를 현대식 건물에 적용하는 방법을 생각해보는 두 개의 탐구 활동을 통하여 모형 이용하기, 다양한 변수 측정하기, 같은 주제의 여러 가지 탐구하기의 세 가지 요소가 나타났다. 하지만 나머지 탐구 활동에서는 대부분의 조건이 교과서에 제시되어 있었기 때문에 다른 자료 조사하기 요소 한 가지를 제외한 다른 참탐구 요소는 나타나지 않았다.

학생들은 첨단 과학기술에 대해 높은 흥미와 학습 동기를 가지고 있음에도 과학 교육과정은 과학기술의 빠른 변화를 충분히 반영하지 못하여 관련 학습이나 실험 등의 기회를 충분히 제공하지 못하는 것으로 지적되고 있다.[56] 과학탐구실험 교과서에서는 첨단 과학을 독립적인 단원으로 편성하여 학생들이 다양한 첨단 과학기술을 접하거나 생각해볼 기회를 제공하였다는 점에서 바람직하다. 하지만 첨단 과학기술에 대한 원리를 설명하는 수준에 치우쳤던 이전 교육과정과 유사하게,[57] 제시된 탐구 활동들은 지나치게 구조화되어 있거나 관련 자료를 조사하는 수준에 머무는 경우가 많았다. 따라서 학생들이 첨단 과학기술에 대하여 참탐구에 가까운 탐구 경험을 할 수 있는 교과서의 구성 방안을 마련해야 할 것이다.

결론 및 제언

이 연구에서는 2015 개정 교육과정에 따른 과학탐구실험 교과서 7종을 분석하였다. 과학자의 탐구 요소를 반영한 참탐구 요소를 도출한 다음, 탐구 활동에서 학생들이 직접 참탐구 요소를 고려하고 수행하도록 한 사례를 분석하고 도출된 특징을 논하였다.

분석 결과, 참탐구 요소 중 다른 자료 조사하기(50.6%)는 모든 단원에서 가장 높은 비율을 차지하였다. 다양한 변수 측정하기(18.5%)는 역사 속의 과학 탐구 단원(37.5%)과 생활 속의 과학 탐구 중 과학적 태도에 관한 핵심 개념에서 비교적 높은 비율로 나타났고, 측정값 변환하기(16.9%)는 생활 속의 과학 탐구 단원(22.1%)과 역사 속의 과학 탐구 중 과학의 본성에 관한 핵심 개념에서 주로 나타났다. 변수 선택하기(12.3%)와 연구 질문 만들기(11.9%)는 주로 역사 및 생활 속의 과학 탐구 단원에서 유사한 비율로 나타났다(13.2-16.1%). 하지만 간단한 변인 통제하기와 과정상 결함 고려하기의 비율은 각각 6.6%, 5.3%에 불과하였으며, 복잡한 변인 통제하기, 방해 변수 측정하기, 모형 이용하기, 이론 발전시키기, 같은 주제의 여러 가지 탐구하기 요소를 포함한 탐구의 비율은 5.0% 미만으로 매우 낮았다.

탐구 주제 측면에서 보면, 핵심 개념 중 과학의 본성의 탐구 주제에서는 대체로 특정한 참탐구 요소가 편중되어 나타난 경향이 있었고 교과서별 편차는 적었다. 과학자의 탐구 방법과 생활 속의 과학 탐구 단원의 탐구 주제는 비교적 다양한 참탐구 요소를 포함하고 있었으며, 특히 교과서 D, G, H에서 참탐구 요소를 포함한 탐구 활동의 비율이 상대적으로 높았다. 또한 생활 속의 과학 탐구 단원에서 나타난 참탐구 요소는 소집단 활동을 통하여 다루어지는 경향이 있었다. 그러나 첨단 과학 탐구 단원의 탐구 주제는 구조화된 실험 또는 홍보물 및 설계도 작성 등의 활동이 주로 이루어졌기 때문에 대부분의 교과서에서 다른 자료 조사하기 요소를 제외한 다른 참탐구 요소는 거의 나타나지 않았다. 이상의 연구 결과를 종합하여 과학탐구실험 교과서의 탐구 활동을 개선하기 위한 방안을 논의하고자 한다.

참탐구 요소 중 연구 질문 만들기, 변수 선택하기, 간단한 변인 통제하기, 측정값 변환하기 요소와 관련된 탐구 활동은 교과서에서 자주 나타났음에도 참탐구 요소 분석 결과에서는 낮은 비율로 나타난 경향이 있었다. 이는 이와 관련된 활동이 교과서에서 자주 나타났음에도 불구하고 교과서에서 구체적인 내용이나 과정을 미리 정해주었거나 안내한 경우가 많았음을 의미한다. 반면 다양한 변수 측정하기와 다른 자료 조사하기 요소는 교과서에서 자주 나타났을 뿐 아니라 학생들이 직접 하도록 유도한 경우가 많았기 때문에 상대적으로 높은 비율로 나타났다. 따라서 해당 참탐구 요소들은 교과서에서 먼저 제시하던 내용을 학생들에게 맡기는 방법을 통하여 기존의 탐구 활동을 크게 변경하지 않고도 해당 참탐구 요소를 도입할 수 있을 것이다. 이때 모든 참탐구 요소가 포함되도록 탐구 과정을 완전히 개방적으로 구성하지 않더라도 이 연구에서 나타난 사례와 같이 포괄적인 연구 질문이나 변수를 제시한 후 학생이 구체화 과정에 참여할 수 있도록 하거나, 해당 주

제에 관한 구조화된 탐구 활동을 경험하게 한 다음 이를 기반으로 학생들이 유사한 탐구 활동을 직접 구성하도록 하는 전략을 활용할 수 있다.

반면 복잡한 변인 통제하기, 방해 변수 측정하기, 과정상 결함 고려하기 요소는 처음부터 교과서에서 언급되지 않은 경우가 대부분이었기 때문에 비율이 낮았다. 이는 해당 요소와 관련된 활동의 경우 교과서 개발 단계에서 고려된 경우가 낮았음을 의미한다. 이러한 요소는 탐구의 본성에 대한 인식을 높이고 반성적 사고의 활용을 촉진하는 차원에서 중요하며,[47] 특히 탐구가 관찰 및 측정 활동이 통제되지 않은 환경에서 이루어질 때 더욱 중요하다. 하지만 학생들이 교과서나 교사로부터의 명시적인 언급 없이 이러한 요소를 스스로 고려하는 것은 쉽지 않다. 따라서 교과서의 개발 단계에서부터 이를 고려하고 학생들이 이에 관한 경험 또는 생각을 할 수 있는 내용을 포함시킬 필요가 있다. 이때 복잡한 변인 통제하기 요소를 포함한 탐구 활동은 변수 선택하기 및 간단한 변인 통제하기 요소를 모두 포함하고 있었으며, 방해 변수 측정하기 요소가 나타난 탐구 활동도 다양한 변수 측정하기 요소를 포함하고 있었다. 그러므로 간단한 변인 통제하기와 다양한 변수 측정하기 요소를 포함하는 탐구 활동은 활동의 연장선에서 복잡한 변인 통제하기나 방해 변수 측정하기 요소를 비교적 쉽게 도입할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 교사용 지도서에 교사용 팁의 형태로 이에 관한 내용을 다루는 것도 유용할 것이다.

마지막으로 모형 이용하기, 이론 발전시키기, 같은 주제의 여러 가지 탐구하기 요소는 탐구 주제 특성의 영향을 받는 요소이므로 모든 탐구 주제에 도입하기는 어려운 특성이 있다. 그러나 교과서 전체에서 이러한 요소가 한 번도 나타나지 않았던 교과서가 모형 이용하기의 경우 3종, 같은 주제의 여러 가지 탐구하기의 경우에도 3종이었다. 모형을 활용하거나 이론을 도출하는 것, 탐구 수행 후 도출된 아이디어를 새로운 탐구 주제로 정교화 하는 것 또한 과학탐구의 중요한 특징 중 하나이므로, 향후 교과서에서는 이를 경험할 수 있는 탐구 주제를 도입할 필요가 있다. 예를 들어, 교육과정의 대표 탐구 주제로 제시된 역사 속의 과학 탐구 단원의 주기율표 주제에서는 이론 발전시키기 요소가 모든 교과서에서 한 번씩 다루어졌다. 그러므로 개별 교과서 단위에서 참탐구 요소나 핵심 개념을 체득할 수 있도록 탐구 활동을 구성하는 것도 중요하지만, 이러한 활동 구성이 용이한 탐구 주제를 교육과정의 차원에서 개발 및 제시하는 것에도 관심을 가져야 할 것이다.

후속연구에서는 초, 중등에 걸쳐 다양한 과학 교과서 탐구 활동에서 나타나는 참탐구 요소의 특징을 학년별, 단원별, 영역별로 분석하여 향후 과학 교육과정의 개선을 위한 기초 자료로 활용할 필요가 있다. 또한, 과학탐구실험 교과서의 핵심 개념은 그동안 우리나라의 과학 교과에서 명시적으로 다루어지지 않았던 것임을 고려할 때, 교사들은 수업 지도에 어려움을 겪을 가능성이 있다. 따라서 핵심 개념과 관련하여 교사들이 과학탐구실험 교과를 지도할 때 나타나는 특징과 어려움, 탐구를 수행하는 학생에게서 나타나는 특징 등을 분석할 필요가 있다. 예를 들어, 탐구 수업에 참여하는 학생과 교사의 상호작용을 관찰하면서 학생들이 교과서의 핵심 개념과 참탐구 요소들을 어떻게 이해하고, 교사는 어떻게 탐구 수업을 구현하는지 분석한다면 과학탐구실험 교과서의 개선을 위한 새로운 시사점을 찾을 수 있을 것이다.

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

REFERENCES

1. National Research Council. *National Science Education Standards*; National Academies Press: Washington, DC, 1996.
2. Jocz, J. A.; Zhai, J.; Tan, A. L. *International Journal of Science Education* **2014**, *36*, 2596.
3. Bang, J.-A.; Choi, C. I.; Choi, W.; Jeong, D. H. *Journal of Korean Chemical Society* **2006**, *50*, 385.
4. Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Science Education* **2004**, *88*, 28.
5. Ministry of Education. *Science Curriculum*; Ministry of Education: Sejong, 2015.
6. Bevins, S.; Price, G. *International Journal of Science Education* **2016**, *38*, 17.
7. Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Schwartz, R. S. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 497.
8. Choi, C. I.; Lee, S.-K. *Journal of Korean Chemical Society* **2016**, *60*, 267.
9. Chinn, C. A.; Malhotra, B. A. *Science Education* **2002**, *86*, 175.
10. Park, H.-Y. *Biology Education* **2017**, *45*, 177.
11. Trumper, R. *Science & Education* **2003**, *12*, 645.
12. Park, Y.-S. *Journal of Korean Earth Science Society* **2010**, *31*, 798.
13. Paeng, A.-J.; Paik, S.-H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2005**, *25*, 146.
14. Park, J. H.; Kim, J. Y.; Park, Y. R. *Journal of Korean Earth Science Society* **2004**, *25*, 731.
15. Schmid, S.; Bogner, F. X. *International Journal of Science Education* **2017**, *39*, 2342.
16. Bunterm, T.; Lee, K.; Ng Lan Kong, J.; Srikoon, S.; Vangpoomyai, P.; Rattanavongsa, J.; Rachahoon, G. *International Journal of Science Education* **2014**, *36*, 1937.
17. Han, S.; Choi, S.; Noh, T. *Journal of the Korean Association*

for Science Education **2012**, *32*, 82.
18. Park, J.-Y.; Lee, K.-Y. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2011**, *15*, 603.
19. Song, J.; Na, J. *School Science Journal* **2015**, *9*, 72.
20. Song, S.-C. *Biology Education* **2018**, *46*, 187.
21. Jho, H. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2018**, *22*, 208.
22. Shin, M.-K.; Lee, S. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2013**, *17*, 1483.
23. Park, E. W.; Lee, Y. H. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2016**, *16*, 419.
24. Cho, S.; Lin, J.; Lee, J.; Choi, G. C.; Jeon, K. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2016**, *35*, 181.
25. Kim, M.; Hong, J.; Kim, S.-H.; Lim C. S. *Journal of Science Education* **2017**, *41*, 318.
26. Park, J.-K. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2017**, *36*, 43.
27. Lee, S.-Y.; Woo, A. J. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2017**, *17*, 285.
28. Lee, J.-W.; Park, Y.-S.; Jeong, D.-H. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* **2016**, *9*, 217.
29. Woo, J.-S.; Kim, Y.-S. *Biology Education* **2018**, *46*, 16.
30. Lee, E.-J.; Kim, Y.-S. *School Science Journal* **2016**, *10*, 344.
31. National Research Council. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press: Washington, DC, 2012.
32. Kapon, S. *Journal of Research in Science Teaching* **2016**, *53*, 1172.
33. Cho, J. H.; Woo, A. J. *Journal of Korean Chemical Society* **2017**, *61*, 263.
34. Park, J.; Kang, S. *Journal of Korean Chemical Society* **2014**, *58*, 478.
35. Han, H.; Choi, B.-S.; Kang, S.; Park, J.-Y. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2002**, *22*, 571.
36. Yoo, J.; Kim, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 903.
37. Lee, Y.; Kang, S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2011**, *31*, 32.
38. Kim, H.; Song, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 1489.
39. Lee, E. M.; Kim, B.-K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 293.
40. Yang, C.; Kim, S.; Jo, M.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2016**, *36*, 361.
41. Partosa, J. D. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 1281.
42. Kang, N.-H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2017**, *37*, 143.
43. Koo, M.; Kim, J.; Park, J.; Kim, Y.; Seo, H. *Journal of Gifted/Talented Education* **2011**, *21*, 945.
44. Lee, J.; Kim, S.-W. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2018**, *38*, 319.
45. Kim, T.-S.; Kim, B.-K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2002**, *22*, 768.
46. Kim, H.; Lee, N. *New Physics: Sae Mulli* **2013**, *63*, 252.
47. Yang, I.-H.; Jeong, J. S.; Kwon, Y.-J.; Jeong, J. W.; Hur, M.; Oh, C. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, *26*, 88.
48. Kwon, Y.-J.; Yang, I.-H.; Chung, W.-W. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2000**, *20*, 29.
49. Oh, P. S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2007**, *27*, 645.
50. Han, S.; Choi, S.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 82.
51. Kwon, Y.-J.; Jeong, J.-S.; Part, Y.-B.; Kang, M.-J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2003**, *23*, 215.
52. Son, M.; Jeong, D.; Son, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2018**, *38*, 441.
53. Kim, Y.; Choi, G.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 978.
54. Kang, E.-J, Kim, S.-J.; Park, J. *Journal of Gifted/Talented Education* **2009**, *19*, 647.
55. Yoo, M. H.; Park, G.-S.; Choi, J. J.; Lim, M.; Lee, J.; Shin, M.; Lee, C.-S.; Lee, Y.-E.; Yu, H.; Chung, H.-G.; Lee, A.; Kang, Y. H. *Journal of Science Education* **2016**, *40*, 144.
56. Kim, Y.; Yi, S.; Park, S. *New Physics: Sae Mulli* **2011**, *61*, 829.
57. Jang, J.; Oh, Y.; Choi, K. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2010**, *10*, 389.