

RESEARCH ARTICLE

Analysis of Inquiry Activity and Required Equipment in the 2022 Revised Science Curriculum

Jaehee Cho, Hyunjung Kim*
Kongju National University

2022 개정 과학과 교육과정의 탐구활동과 필요 교구 분석

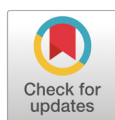
조재희, 김현정*
국립공주대학교

*Corresponding Author: chem95@kongju.ac.kr

ABSTRACT

This study aims to analyze the types and characteristics of inquiry activities in the 2022 revised science curriculum. To achieve this, inquiry activities were categorized into five types, and those presented in the curriculum were classified accordingly. Based on this classification, differences across school levels, variations among science sub-disciplines, and characteristics of digital-related inquiry activities were examined. Additionally, the required laboratory equipment and materials for supporting inquiry activities were identified and analyzed. The key findings are as follows: First, as students progress to higher school levels, the proportion of direct experiments decreases, and a more diverse range of inquiry activities emerges. Notably, digital technology integration becomes more prominent at the high school level. Second, physics and chemistry exhibit a high proportion of direct experiments, emphasizing precise experimentation with real-time measurement tools. Earth science focuses on investigation and data analysis using digital tools, while biology highlights field observations and ecological studies, necessitating portable equipment. Third, the proportion of ICT-based inquiry activities is particularly high in physics and earth science. In physics, ICT is utilized for precise data analysis, while in earth science, it provides indirect experiences for topics such as volcanoes, earthquakes, and celestial phenomena, which are difficult to experience firsthand.

Keywords: Inquiry activity, digital technology, 2022 revised science curriculum, laboratory equipment and materials



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2025, Vol. 15, No. 1, 77-92

<https://doi.org/10.31216/BDL.2025.15.1.5>

Received: February 04, 2025

Revised: February 28, 2025

Accepted: March 04, 2025

© 2025. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

현대 사회는 기술 발전과 융합이 급격히 가속화되면서, 지식의 단순 암기나 반복 학습을 넘어 창의적 사고력과 문제 해결 능력을 갖춘 융합형 인재에 대한 요구가 더욱 높아지고 있다(Sung, 2018). 특히 4차 산업혁명으로 대표되는 초연결·초지능 시대에는 다양한 분야를 유기적으로 통합하여 새로운 가치를 창출할 수 있는 역량이 강조된다. 이에 발맞추어 세계 각국은 과학기술 역량 강화를 위해 교육 혁신 정책을 적극적으로 추진하고 있으며(Aditomo et al., 2013), 우리나라 역시 미래 사회가 요구하는 과학기술 인재를 양성하기 위해 전 교육 주기에 걸쳐 지속적인 교육체제 개선을 모색해 왔으며 이를 교육과정에 반영하고 있다.

2025년부터 단계적 현장 실행이 진행되는 2022 개정 교육과정은 학생들이 깊이 있는 학습을 통해 핵심역량을 함양하도록 하고 있으며, 이 과정에서 스스로 탐구하고 학습하는 것을 강조하고 있다(MOE, 2022a). 학습에서 탐구를 강조하는 것은 과학과의 특성으로, 2022 개정 과학과 교육과정에서는 과학적 탐구와 문제 해결 능력, 과학적 의사결정 능력 등을 기르는 데 초점을 둔다(MOE, 2022b). 과학 교과는 과학 개념 이해와 과학적 사고 함양을 위한 교수 전략으로 탐구 및 실험 중심의 교수·학습 활동에 주목해 왔다(Aditomo & Klieme, 2024; Kotsis, 2024; Seung et al., 2014). 이러한 탐구 중심 학습은 학생들이 실험을 직접 수행하며 과학적 개념을 심층적으로 이해하고 과학적 사고 과정을 몸소 체득함으로써, 궁극적으로는 융합적인 문제 해결 능력을 기를 수 있도록 돕는 데 기여한다. 즉, 기존의 교사 주도형 강의식 수업에서 벗어나 학생이 능동적으로 참여하고 탐구하는 수업 방식으로 전환을 유도함으로써, 과학과 핵심역량 함양에 필수적인 탐구활동을 더욱 활성화하자는 취지이다(Minner et al., 2010; van Eijck et al., 2024). 최근에는 디지털 센서, 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 기반 학습 도구 등 첨단 실험 기자재가 점차 확대되고 있으며(Dayan & Tstbulsky, 2023; Saribas, 2023; Yáñez-Pérez et al., 2024), 2022 개정 과학과 교육과정에서도 학생의 교수·학습을 지원하도록 최신 정보 통신 기술과 기기 등을 실험과 탐구에 적절히 활용하도록 하고 있다(MOE, 2022b).

그동안 과학과 교육과정을 기반으로 한 성취기준과 탐구활동을 분석하여 과학 교육 정책에 적절한 시사점을 주고자 하는 연구와 탐구 기반 학습을 통해 과학 학습 효과를 높이고자 하는 연구가 주로 실행되었다. Yoon & Choi (2019)는 2015 개정 과학과 교육과정의 중학교 과학 성취기준을 분석하여, 성취기준이 특정 지식 차원과 인지 과정 차원에 편중되어 있음을 밝혔으며, 이를 개선하기 위해 다양한 탐구 학습이 가능한 성취기준 개발의 필요성을 제시하였다. 또한, 이 연구는 학생들이 과학적 사고력을 기를 수 있도록 성취기준의 다양성과 균형성을 강조하였다. Chae et al. (2022)은 초등학교 5~6학년 과학 교과서에 제시된 탐구활동을 실험·관찰, 모의 활동, 자료 해석 등 여섯 가지 유형으로 분류하고, 탐구활동에서 실험 결과의 재현성과 학생 흥미 부족 등의 문제점을 지적하며, 더욱 효과적인 탐구활동 설계를 위한 개선 방안에 대한 예시를 들어 제안하였다. 유럽 12개국에서는 과학 탐구 학습 평가 전략(Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science) 프로젝트를 통해 탐구 기반 과학 교육의 실행과 평가를 지원하고, 교사들이 탐구 수업에서 학생들의 학습을 효과적으로 평가할 수 있도록 돕는 다양한 사례와 도구를 개발하였다(Finlayson et al., 2015). 이 프로젝트는 가설 설정, 협력적 작업, 논리적 주장 형성, 조사 계획 등 네 가지 주요 탐구 기술을 강조하며, 탐구 학습이 학생들의 과학적 사고력과 문제 해결 능력을 향상하는 데 효과적임을 보여주었다. 또한 Kotsis (2024)는 탐구 기반 학습이 학생들의 과학적 사고력과 문제해결력을 효과적으로 향상한다는 점을 강조하며, 이를 위한 실험 중심 교수법의 중요성을 논의하였다. Aceska (2016)는 마케도니아의 새로운 과학 교육과정이 학생 중심의 탐구 활동을 통해 학습자들에게 질문을 스스로 탐구하고 답을 찾아가는 경험을 제공하며, 이를 통해 과학적 소양

과 지속 가능한 발전에 이바지한다고 주장하였다. 이처럼 국내외 연구들은 과학 교육에서 성취기준 분석 및 탐구활동 설계가 학생들의 과학과 핵심역량 함양에 중요한 역할을 한다는 점을 강조하며, 이를 통해 교육 현장에서의 실천적 개선 방향을 제시하고 있다.

그동안 과학과 교육과정을 중심으로 한 연구들은 성취기준의 지식 차원 및 인지 과정 차원의 균형성 분석, 교과서에 제시된 탐구활동 유형화, 그리고 탐구 기반 학습이 학생들의 과학적 사고력과 문제해결력에 미치는 효과 등을 연구하였다. 이처럼 기존 연구들은 과학 교육에서 탐구활동이 가지는 중요성과 이를 효과적으로 설계 및 실행하기 위한 다양한 접근을 다루어 왔지만, 초등학교부터 고등학교까지 전 학년에 걸친 과학 교과 전체(물리학, 화학, 생명과학, 지구과학)를 아우르는 탐구활동의 비교 분석이나, 교육과정 전반에 걸쳐 탐구활동을 유형별로, 체계적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다. 특히, 교과서에 제시된 탐구활동의 유형과 실험 교구 및 기자재에 대한 종합적인 분석 연구는 현대 과학 교육의 실천적 측면에서 중요한 의미가 있다. 이러한 분석은 단순히 현황 파악을 넘어 여러 교육적 함의를 제공할 수 있다. 탐구활동의 유형별 분포 분석을 통해 과학적 탐구의 다양한 측면(관찰, 실험, 조사, 토의 등)이 균형 있게 다루어지고 있는지 확인할 수 있으며, 디지털 탐구활동의 분석은 4차 산업혁명 시대에 필요한 디지털 리터러시 함양을 위한 교육과정 구성의 적절성을 평가할 수 있는 기초자료가 된다. 또한 실험 교구와 기자재 분석은 학교 현장의 과학 교육 환경 개선을 위한 정책적 시사점을 제공할 수 있다. 이러한 종합적 분석을 통해 궁극적으로는 학생들의 과학적 소양 함양과 미래 사회에 필요한 역량 개발을 위한 실질적인 교육 방안을 모색할 수 있다.

탐구 기반 학습 활동은 학습자의 과학적 사고력과 문제해결력을 강화하는 핵심 요소로 잘 알려져 있으므로(Minner et al., 2010), 2022 개정 과학과 교육과정의 실행에 따라 새로운 교육과정을 기준으로 구성된 탐구 활동을 분석하는 것은 매우 시의적절하다. 이에 본 연구에서는 2022 개정 과학과 교육과정을 구성하는 탐구 활동을 유형별로 분석하여 2022 개정 과학과 교육과정에서 강조하는 탐구활동의 형태와 특징을 확인하고자 하였으며, 이를 위해 향후 교육 현장에 필요한 시사점을 도출하고자 하였다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

1. 2022 개정 과학과 교육과정에 제시된 탐구활동 유형은 학교급 및 하위교과별로 어떻게 분포하는가?
2. 2022 개정 과학과 교육과정에 제시된 디지털 관련 탐구활동은 학교급 및 하위교과별로 어떻게 분포하는가?
3. 2022 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서에 제시된 탐구활동 실행을 위해 필요한 실험 교구 및 기자재는 어떻게 분류되는가?

Methods

Materials

본 연구는 2022 개정 과학과 교육과정의 탐구활동 유형을 분석하고자 교육과정 문서에 제시된 탐구활동과 성취기준을 주요 분석 대상으로 삼았다. 분석 시점에 교과서가 개발된 경우에는 교육과정 문서 외에도 과학 교과서 개발 초안을 토대로 탐구활동의 분석 유형을 결정하였고, 분석 시점에 교과서가 개발되지 않은 경우(초등학교 5~6학년, 중학교 2~3학년)는 2022 개정 과학과 교육과정 성취기준과 탐구활동명을 기준으로 판단하고, 이전 교육과정에서 구현된 탐구활동을 참고하였다. 분석 시점에 교과서가 개발되어 교과서를 통해 탐구활동을 확인하고 교구 및 기자재를 정리한 교과서는 초등학교 6개 출판사(A 출판사 2종, B, C, D, E, F 출판

사 각 1종)의 3-1, 3-2, 4-1, 4-2 과학 교과서 42권, 중학교 6개 출판사(A 출판사 2종, B, D, E, F, G 출판사 각 1종)의 과학1 교과서 7권, 고등학교 5개 출판사(A, B, D, E, F 출판사 각 1종)의 공통, 일반 선택, 진로 선택에 해당하는 교과서 64권으로 Table 1과 같다.

Table 1. Textbook information for analysis

School level	Publisher	Subject
Elementary School	A	Two versions of Science 3-1, 3-2, 4-1, 4-2
	B, C, D, E, F	Science 3-1, 3-2, 4-1, 4-2
Middle School	A	Two versions of Science 1
	B, D, E, F, G	Science 1
High School	A, B, E, F	Biology, Cells and Metabolism, Chemistry, Earth Science, Earth System Science, Electromagnetism and Quantum, Genetics, Integrated Science 1, Integrated Science 2, Matter and Energy, Mechanics and Energy, Physics, Planetary and Space Science, Scientific Inquiry Experiment 1, Scientific Inquiry Experiment 2, The World of Chemical Reactions
	D	Integrated Science 1, Integrated Science 2, Scientific Inquiry Experiment 1, Scientific Inquiry Experiment 2

Research Design

본 연구는 2022 개정 과학과 교육과정(MOE, 2022b)에 제시된 탐구활동과 필요 교구 및 기자재를 분석하였다. 이를 통해 실험, 조사, 자료 분석 등 학생들에게 요구되는 세부 활동 요소를 구체화하고, 교육과정 내 탐구활동의 특징을 도출하고자 하였다. 분석 과정에서 먼저 교육과정 문서의 모든 성취기준과 탐구활동을 연결하여 필수 수행 탐구활동을 정리하였다. 성취기준과 탐구활동이 동시에 제시된 경우, 성취기준에만 제시된 경우, 탐구활동에만 제시된 경우를 모두 검토하여 교육과정이 요구하는 탐구활동을 종합적으로 도출하였다. 탐구활동의 세부 요소를 분석한 후, 연구진 논의를 통해 ‘직접 실험’, ‘조사 활동’, ‘간접 실험’, ‘자료 분석 활동’, ‘실험 외 탐구활동’의 5가지 유형으로 분류하였고, 디지털 관련 성취기준과 탐구활동을 별도로 구분하였다.

탐구활동 유형을 구체적으로 정의하고 예시하면 다음과 같다. ‘직접 실험’은 학생들이 실험 장비나 도구를 직접 활용하여 변인을 조작하고 결과를 측정하는 활동으로, 광합성에 필요한 물질과 산물을 확인하는 실험 활동 등이 예에 해당한다. ‘조사 활동’은 특정 환경에서 자료를 수집하고 관찰하는 활동으로, 우리 주변에서 천연 항생 물질을 찾는 활동 등이 예에 해당한다. ‘간접 실험’은 직접 실험 대신 컴퓨터 모의 실험 등의 가상 환경에서 변인을 조작하여 탐구를 수행하는 활동으로, 밤에 이루어져야 하는 천체 관측을 대신하여 앱을 활용하여 우리은하를 구성하는 천체를 간접 관측하는 활동 등이 예에 해당한다. ‘자료 분석 활동’은 제시된 자료를 활용하여 통계적 또는 논리적으로 분석하는 탐구 방식으로, 여러 가지 물체의 자유 낙하 운동의 제시 자료를 분석하는 활동 등이 예에 해당한다. 마지막으로 ‘실험 외 탐구활동’은 이론적 연구, 개념 구조화 등을 포함하며, DNA 모형을 제작하고 DNA의 구조적 특징과 규칙성을 탐구하는 활동 등이 예에 해당한다.

또한, 최신 정보 통신 기술(Information and Communication Technologies; ICT)을 강조하는 2022 개정 과학과 교육과정에서 디지털 역량 반영 정도를 파악하기 위해, 빅데이터, 증강 현실, 디지털 탐구 도구, 마이크로 컨트롤러, 사물인터넷 센서, 시뮬레이션 프로그램 등을 명시적으로 포함한 탐구활동을 별도로 분석하여 특징을 도출하였다.

각 탐구 활동별 필요 교구 및 기자재를 도출하기 위하여 분석 틀을 개발하여 분석을 수행하였다. 분석 틀은

교육과정 또는 교과서에서 제시한 탐구활동에 필요한 교구 및 기자재를 도출하도록 하였으며, 구체적인 내용은 Table 2와 같다.

Table 2. Framework for analyzing inquiry activities based and example

Achievement Standard	[4Science1-01] Students can infer the physical characteristics of landforms shaped by water flow and nearby terrain.				
Inquiry Activities	Observe the flow of water after constructing and tilting a terrain model.				
Experiment Content	Observe how terrain is eroded by water flow and how new landforms are created through the accumulation of sediments.				
Required Experimental Tools and Materials					
Textbook 1	Listing the Tools and Materials Presented in Textbook Inquiry Activities.				
Textbook 2	Listing the Tools and Materials Presented in Textbook Inquiry Activities.				
Textbook 3	Listing the Tools and Materials Presented in Textbook Inquiry Activities.				
Domain	Tool/Material	Equipment Specifications	Required Amount Standard	Required/recommended/ optional	Remarks
Earth Science	Model or Terrain	General Type	8 per laboratory needed	Required	
Shared General Inquiry	Spotlight	Standard Type	1 per laboratory needed	Required	
Shared Measurement	Ruler	30 cm	Laboratory 8	Required	
Shared General Inquiry	Modeling Clay	Small	1 per 4 students needed	Recommended	

분석 내용을 구체적으로 예시하면, 초등학교 3~4학년군은 개발된 7종 교과서의 탐구활동을 검토하여 필요 교구를 도출하였다. 교육과정에서 제시한 탐구활동이 교과서 7종에서 모두 다른 교구 및 기자재를 필요로 하지 않고 유사한 경우가 많았으며, 탐구활동을 구현 시 필요 교구 및 기자재를 최대 3가지 유형으로 제시하면 교과서의 다양성을 반영하는 것이 가능하였다. 이에 다수 교과서에서 공통으로 제시한 교구 및 기자재를 ‘교과서 1’로, ‘교과서 1’과 다른 교구 및 기자재를 활용하는 경우를 ‘교과서 2’와 ‘교과서 3’으로 제시하였다. 출판사별 탐구활동 구현의 다양성을 인정하면서도 보편적이고 필수적으로 필요한 교구 및 기자재를 도출하기 위한 것으로, ‘교과서 1’의 교구 및 기자재는 필수 교구를 도출하는 기준이 되고 ‘교과서 2’와 ‘교과서 3’에서 제시한 교구들은 탐구활동의 효율성과 심화 학습 등을 위한 교구 도출의 기준으로 삼았다. 교과서가 미개발된 경우는 2015 개정 과학 교과서의 탐구활동과 선행연구(Son et al., 2017)를 참고하였다. 교육과정 간 연속성을 고려할 때, 성취기준과 탐구활동명이 유사한 경우 이전 교육과정의 탐구활동이 2022 개정 교과서에서도 유사한 형태로 구현될 가능성이 크다.

마지막으로 탐구활동 별로 필요한 교구 및 기자재를 도출하고 이를 ‘필수·권장·확장’으로 구분하였는데, 필수 항목은 모든 학교에서 기본적으로 사용해야 하는 교구나 설비로, 학생 안전과 기초 실험 활동을 보장하는 데 필수적인 것을 의미하며, 권장 항목은 탐구 및 실험 학습 효과를 높이기 위해 학교가 보유하는 것을 권고하는 기자재로 분류하였고, 확장 항목은 심화 및 첨단 과학 학습을 지원하는 선택적 기자재로 분류하였다.

Data Analysis

탐구활동의 유형 및 ICT 관련 활동을 분석하는 것은 1명의 과학 교사가 교과별 탐구활동을 유형별로 분석한 후 2명의 과학 교육 전공 교수가 분석 유형을 검토하였으며, 분류 유형이 일치하지 않는 경우 연구진의 논의를 거쳐 탐구활동을 재분류하였다. 탐구활동의 유형 및 ICT 관련 활동이 학교급, 과학 하위 과목 내에서 차이가 있는지 알아보기 위해 빈도분석을 실시하고 그 결과를 학교급 간, 하위 과목 간으로 비교하였다.

탐구활동별 필요 교구 및 기자재를 도출하는 것은 각 학교급의 해당 전공 교사가 Table 2의 분석 틀과 개발된 교과서 등을 바탕으로 1차 분석 결과를 작성하였다. 분석의 신뢰도 및 타당도를 확보하기 위하여, 분석자 모두가 1개 단위씩을 분석한 후 공유하였으며, 분석 결과를 바탕으로 온라인 회의를 진행하여 분석의 타당도를 점검하였다. 이후 분석자가 맡은 부분의 전체 분석을 진행하였으며, 이후 1차 분석 결과는 해당 학교급 및 전공 분야의 새로운 교사 또는 교수가 검토하였다. 분석자와 검토자의 의견이 일치하지 않는 경우 제3의 전문가를 포함한 협의 과정을 거쳐 합의하였다. 모든 수정 사항은 문서로 만들어 분석 과정의 투명성을 확보하였다.

Results

Classification of Inquiry Activities by School Level and Sub-Subjects in the 2022 Revised Science Curriculum

학교급별로 탐구활동 유형에 따른 구성의 차이가 있는지 확인하기 위하여, 초등학교, 중학교, 고등학교의 성취기준과 탐구활동을 바탕으로 교육과정에서 제시된 탐구활동을 유형별로 분류한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Classification results of school level-based inquiry activities

						unit: frequency (%)	
Category		Experiment	Investigation	Simulation	Data Analysis	Non-experimental Activity	Total
Elementary School	Physics	12 (18.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.5)	13 (19.7)
	Chemistry	21 (31.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.5)	22 (33.3)
	Life Science	11 (16.7)	0 (0.0)	1 (1.5)	0 (0.0)	3 (4.6)	15 (22.8)
	Earth Science	9 (13.6)	1 (1.5)	1 (1.5)	0 (0.0)	3 (4.6)	14 (21.2)
	General Science	1 (1.5)	1 (1.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (3.0)
	Subtotal	54 (81.8)	2 (3.0)	2 (3.0)	0 (0.0)	8 (12.2)	66 (100.0)
Middle School	Physics	10 (21.7)	1 (2.2)	0 (0.0)	1 (2.2)	1 (2.2)	13 (28.3)
	Chemistry	8 (17.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (17.5)
	Life Science	7 (15.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (4.3)	9 (19.5)
	Earth Science	7 (15.2)	4 (8.7)	1 (2.2)	2 (4.3)	0 (0.0)	14 (30.4)
	General Science	0 (0.0)	2 (4.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (4.3)
	Subtotal	32 (69.6)	7 (15.2)	1 (2.2)	3 (6.5)	3 (6.5)	46 (100.0)
High School	Physics	23 (17.6)	3 (2.3)	2 (1.5)	1 (0.8)	4 (3.1)	33 (25.3)
	Chemistry	27 (20.6)	2 (1.5)	2 (1.5)	1 (0.8)	3 (2.3)	35 (26.7)
	Life Science	17 (13.0)	2 (1.5)	2 (1.5)	0 (0.0)	3 (2.3)	24 (18.3)
	Earth Science	9 (6.8)	9 (6.8)	2 (1.5)	11 (8.4)	6 (4.6)	37 (28.1)
	General Science	1 (0.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.8)	2 (1.6)
	Subtotal	77 (58.8)	16 (12.1)	8 (6.0)	13 (10.0)	17 (13.1)	131 (100.0)
Total		163 (67.1)	25 (10.3)	11 (4.5)	16 (6.6)	28 (11.5)	243 (100.0)

2022 개정 과학 교육과정의 탐구활동 유형별 학교급 간 특징을 분석한 결과, 직접 실험, 조사 활동, 간접 실험, 자료 분석 활동, 실험 외 탐구활동의 5가지 유형에서 학교급별 뚜렷한 차이가 나타났다. 모든 학교급에서 직접 실험이 가장 높은 비중을 차지했으나, 학년이 올라갈수록 그 비율은 감소하였다. 초등학교에서는 직접 실험을 하는 탐구활동의 수가 54건(81.8 %)으로 가장 큰 비중을 보였으며, 중학교 32건(69.6 %), 고등학교 77건(58.8 %)으로 학교급이 올라갈수록 그 비율이 감소했다.

조사 활동은 초등학교(2건, 3.0 %)에 비해 중학교(7건, 15.2 %)와 고등학교(16건, 12.2 %)에서 탐구활동 중 차지하는 비율이 높아졌다. 특히 지구과학 분야에서 조사 활동의 구성이 중학교 4건(8.7 %), 고등학교 9건(6.9 %)으로 두드러졌는데, ‘기후변화 관련 자료 검색 및 분석하기’, ‘화산 분출로 인한 환경·사회경제적 피해의 종류를 조사하고, 지구와 생명 시스템 측면에서 피해를 줄이기 위한 대책 수립하기’ 등과 같이 실생활 문제 해결과 자료 기반 의사결정 능력이 강조되고 있었다. 간접 실험은 고등학교에서 유의미한 구성 비율(8건, 6.1 %)을 보였으며, 초등학교와 중학교에서는 2건(3.0 %), 1건(2.2 %)으로 탐구활동 중 차지하는 비율이 낮았다. 각 하위 교과에서 2건(1.5 %)으로 비슷하게 분포하였다.

자료 분석 활동은 초등학교에서는 구성되지 않았으나 중학교도 3건(6.5 %), 고등학교 13건(9.9 %)으로 학교급이 높아질수록 탐구활동 중 구성 비율이 높아졌다. 특히, 고등학교의 지구과학 분야(11건, 8.4 %)에서 ‘인공위성 및 ARGO 자료로 해수의 성질 비교하기’, ‘일기도와 위성 및 레이더 영상 등을 이용하여 기압계와 연관된 과거 날씨 분석하기’ 등과 같이 실제 자료와 디지털 도구를 활용해 과학적 탐구 과정을 체계적으로 경험하도록 함으로써, 복잡한 지구 시스템을 분석하고 예측할 수 있도록 하였다. 실험 외 탐구활동은 초등학교(8건, 12.1 %)와 고등학교(17건, 13.0 %)에서 직접 실험에 이어 두 번째로 높은 비율을 차지하고 있었고, 중학교는 3건(6.5 %)으로 다른 학교급에 비해 탐구활동 중 차지하는 비율이 낮았다. 초등학교에서는 ‘동물 분류 기준 정하기’, ‘식물 분류 기준 정하기’와 같이 기초 탐구활동 중 분류의 기준 정하기 등의 활동이 구성되었으며, 고등학교에서는 ‘DNA 모형을 제작하고 DNA의 구조적 특징과 규칙성 탐구하기’ 등과 같이 모형을 이용하여 과학적 개념을 시각화하고 추상적 이론을 구체화하는 과정으로 설계되었다.

과학 교과의 하위 교과별로 탐구활동 유형별 구성의 차이가 있는지 확인하기 위하여, 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등에 따라 탐구활동 유형을 분류한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Classification results of subject-based inquiry activities

Subject	unit: frequency (%)					Total
	Experiment	Investigation	Simulation	Data Analysis	Non-experimental Activity	
Physics	45 (76.3)	4 (6.7)	2 (3.4)	2 (3.4)	6 (10.2)	59 (100.0)
Chemistry	56 (84.8)	2 (3.0)	2 (3.0)	2 (3.0)	4 (6.2)	66 (100.0)
Life Science	35 (59.3)	2 (3.4)	9 (15.3)	1 (1.7)	12 (20.3)	59 (100.0)
Earth Science	25 (38.5)	14 (21.5)	4 (6.2)	13 (20.0)	9 (13.8)	65 (100.0)
General Science	2 (28.6)	3 (42.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (28.6)	7 (100.0)
Total	163 (63.7)	25 (9.8)	17 (6.6)	18 (7.0)	33 (12.9)	256 (100.0)

과학 교과의 하위 교과로 탐구활동 유형을 분석한 결과, 모든 과목에서 직접 실험이 가장 높은 비중을 차지했으나 과목별로 탐구 유형의 차이가 나타났다. 화학은 전체 탐구활동 중 직접 실험의 비율이 84.8 %로 가장 높았으며, 물리학(76.3 %), 생명과학(59.3 %), 지구과학(38.5 %) 순으로 직접 실험의 비율이 감소했다. 물리학과 화학은 직접 실험 다음으로 실험 외 탐구활동이 각각 10.2 %, 6.2 %로 높은 비율을 보였으나, 조사 활동(물리학 6.7 %, 화학 3.0 %), 간접 실험(물리학 3.4 %, 화학 3.0 %), 자료 분석 활동(물리학 3.4 %, 화학 3.0 %)은 탐구활동 중 구성 비율이 매우 낮았다. 화학과 물리학에서는 직접 실험을 통하여 과학 개념을 학습하도록 구성되어 있었고, 생명과학과 지구과학은 상대적으로 직접 실험 외의 탐구활동 유형도 교육과정 탐구활동으로 다수 구성하고 있었다.

생명과학은 직접 실험 외에 실험 외 탐구활동(12건, 20.3 %)과 간접 실험(9건, 15.3 %)이 높은 비중을 차지했

다. 실험 외 탐구활동은 ‘생물 대멸종의 원인과 그 이후의 변화를 설명하는 여러 가설들의 타당성 평가하기’, ‘미토콘드리아와 엽록체 내부구조 모형 제작하기’ 등과 같이 복잡한 생명 현상을 비판적으로 분석하고, 모형 제작을 통해 구조적·기능적 특성을 심도 있게 이해하도록 설계되었으며, 간접 실험은 ‘자연선택 과정에 대한 모의실험하기’, ‘단백질 화합물 상호작용 가상 실험하기’ 등과 같이 모의실험과 가상 실험을 통해 직접 관찰이 어려운 생물학적 메커니즘을 탐구하도록 구성되었다. 반면, 자료 분석 활동은 물리학과 화학과 유사하게 1건(1.7%)으로 거의 구성하고 있지 않았다.

지구과학은 직접 실험 외에도 조사 활동(14건, 21.5%)과 자료 분석 활동(13건, 20.0%)이 두드러졌다. 특히 자료 분석 활동은 물리학, 화학, 생명과학이 탐구활동 중 구성 비율이 미미했던 것에 비하여, 전체 하위 교과 중 자료 분석 활동의 비중이 큰 것으로 나타났다. ‘지진파 자료를 활용하여 지각의 두께 구하기’ 등과 같이 실제 데이터는 자연에서 발생하여 실험실에서 얻을 수 없는 자료를 제시하고 이를 활용하여 분석 활동을 통해 주요 과학 개념을 학습하는 활동으로 구성되어 있다. 또한 실험 외 탐구활동(9건, 13.8%)도 ‘별자리를 구성하는 별들의 공간 분포를 입체적으로 표현하기’, ‘세페이드 변광성을 이용하여 우리은하의 중심 찾기와 크기 구하기’ 등과 같이 지구과학에서 다루는 소재가 실험실에서 직접 관찰이 어려운 경우가 많아 직접 실험에 비해 실험 외 탐구활동 등의 구성 비율이 높게 나타났다.

Classification of Inquiry Activities related to the Latest ICT and Devices in the 2022 Revised Science Curriculum

2022 개정 과학 교육과정의 교수학습에서 강조하고 있는 ICT 및 디지털 기기를 활용한 탐구활동의 구성을 확인하기 위하여, 탐구활동 중 빅데이터 및 증강 현실, 디지털 탐구 도구, 마이크로 컨트롤러, 사물인터넷 센서, 시뮬레이션 프로그램의 활용 등을 성취기준 또는 탐구 활동명에 포함하고 있는 경우만을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Classification of inquiry activities using digital devices by school level and subject
unit: frequency (%)

Category	Physics	Chemistry	Life Science	Earth Science	General Science	Total
Elementary School	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	0 (0.0)	1 (100.0)
Middle School	2 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (75.0)	0 (0.0)	8 (100.0)
High School	7 (30.5)	5 (21.7)	4 (17.4)	5 (21.7)	2 (8.7)	23 (100.0)
Total	9 (28.1)	5 (15.6)	4 (12.5)	12 (37.5)	2 (6.3)	32 (100.0)

분석 결과 초등학교 1건(3.1%), 중학교 8건(25.0%), 고등학교 23건(71.9%)으로, 학교급이 올라갈수록 디지털 관련 ICT 활용도가 매우 증가하였다. 구체적으로 초등학교에서에서 화산 및 지진 활동 등 학생들이 직접 관찰하기 어려운 자연 현상을 스마트 기기로 조사하고 대처 방법을 탐구하는 활동을 구성하여 간접 관찰을 할 수 있도록 제시하고 있었다. 중학교에서는 물리학과 지구과학에서 ICT를 활용한 탐구활동이 구성되었다. 이중 지구과학이 6건(75%)으로 대부분의 비중을 차지하였는데, 디지털 탐구 도구를 이용하여 광원으로부터의 거리에 따른 빛의 세기 실험, 구름 생성 과정 실험, 연직 수온 분포 실험, 일기도, 레이더 및 위성 영상 등 실시간 데이터를 활용하여 날씨 해석과 같은 활동을 수행하고 있다.

고등학교에서는 모든 교과에서 ICT를 활용한 탐구활동을 구성하였는데, 이중 물리학(7건, 30.5%)의 비중이 크게 나타났다. 물리학에서는 온도 센서를 이용한 액체의 비열 비교나 소리의 진폭, 진동수, 파형을 분석

하는 활동 등을 통해 실험의 정밀성과 이론적 원리의 실증적 검증에 중점을 두고 있다. 지구과학과 화학은 각각 5건(21.7%)으로, 지구과학에서는 GIS 소프트웨어로 시각화한 화산대, 지진대의 판 경계 연관성을 분석하거나 AI를 이용한 은하 분류 활동 등을 통해 첨단 기술을 활용한 복합적 분석을 강조하고 있었으며, 화학에서는 분자 구조 모델링이나 반응 속도 측정 실험 등으로 소프트웨어나 센서를 활용한 정량적 측정을 강조하고 있었다. 생명과학은 4건(17.4%)으로, VR 기반 뇌 구조 탐구 등에서 실감형 기술을 통한 시각화 활동 및 스마트 헬스케어를 활용한 항상성 유지 작용 탐구 활동 등에서 신체 데이터 측정 및 분석 등에 디지털 기기를 활용하고 있었다.

더불어, 성취기준 또는 탐구 활동명에 ICT를 활용한 탐구 활동을 직접적으로 명시하지 않았으나 이 탐구 활동을 수행할 때 다양한 ICT를 활용하여 탐구를 수행하는 것을 권장하는 경우가 있었다. 이는 교수학습 내용이나 성취기준 적용 시 고려 사항 등에서 기술되어 있었는데, 이 내용에서 탐구 활동 수행 시 ICT를 활용하여 탐구를 수행하도록 권장하고 있는 경우는 초등학교는 7건(24.1%), 중학교는 8건(27.6%), 고등학교는 14건(48.3%)으로, 총 29건이 있었다. 성취기준 또는 탐구 활동명에 직접적으로 ICT를 활용하여 탐구 활동을 하도록 하는 경우와 더불어 ICT를 활용하여 탐구하도록 권장하는 경우 역시 학교급이 올라갈수록 증가하고 있었다.

Required Experimental Tools and Equipment in the 2022 Revised Science Education 2022

2022 개정 과학과 교육과정에서 제시한 탐구 활동을 수행하는 데 필요한 실험 교구 및 기자재를 도출하여, 필수, 권장, 확장의 세 범주로 분류하였는데, 이중 탐구 활동을 수행하기 위하여 필수적으로 필요한 실험 교구 및 기자재는 초등학교 75종, 중학교 98종, 고등학교 117종이 이었다. Table 6은 필수 실험 교구 및 기자재 중 일부를 예시한 것이다.

Table 6. Some of the essential tools and materials for each school level

School Level	Subject	Tools and Materials
Elementary	Common	Funnel, erlenmeyer flask, UV flashlight
	Motion and Energy	Simple switch, rubber hammer, small light bulb, laser pointer, burler pliers, tuning fork, enameled wire, mirror (flat)
	Matter	Experiment containers, syringe, scale
	Life	Microscope (optical), microscope (digital), microscope (real-time), thermometer, dissection kits
	Earth and Space	Sedimentary rock specimen, fossil specimens
Middle School	Common	Funnel, evaporating dish, gas pressure sensor, temperature sensor, carbon dioxide sensor, thermal imaging camera
	Motion and Energy	Sensor (force), speed meter, simple switch, calorimeter, spring, magnetic field experiment set, ampere meter, voltmeter,
	Matter	Separating funnel, reagent bottle
	Life	Remanent specimen (oral epithelial cells), permanent specimen (neuronal cells), permanent specimen (red blood cells), microscope (optical)
	Earth and Space	Cloud generator experimental set, vertical temperature distribution experimental set, streak color experimental mineral specimen, astronomical telescope, solar filter, sedimentary rock specimen
High School	Common	Digital pH meter, gas pressure sensor, temperature sensor, fine dust sensor, carbon dioxide sensor, erlenmeyer flask
	Physics	Wireless MBL cart, laser light source, light-emitting diode, electronic circuit experiment kit, thick spring for wave experiment, polarizing plate
	Chemistry	Burette, burette tongs, styrofoam cup, calorimeter
	Biology	Capillary, square bowl, coagulation plate, cune fermentation tube, microscope (optical), micrometer for microscope
	Earth Science	CCD camera, astronomical photography device, astronomical telescope, clinometer, polarizing microscope

2022 개정 과학과 교육과정의 탐구활동을 수행하기 위하여 필수적으로 필요한 교구 및 기자재는 초등학교는 깔때기, 삼각 플라스크 등의 공통 교구 외에 평면거울, 디지털 심장 박동 측정기, 디지털 현미경 등 각 영역에서 필요한 실험 교구 및 기자재가 도출되었다. 중학교에서는 깔때기, 증발 접시, 기체 압력 센서, 온도 센서, 이산화 탄소 센서, 열화상 카메라 등이 공통 교구로 도출되었으며, 공통 교구 외에 가속도 센서, 근전도 센서, 멀티미디어 영상 현미경 등 각 영역에서 필요한 실험 교구 및 기자재가 도출되었다. 고등학교의 경우 삼각 플라스크, 눈금실린더, 디지털 pH 미터, 기체 압력 센서, 온도 센서, 미세 먼지 센서, 이산화 탄소 센서 등의 공통 교구가 도출되었으며, 공통 교구 외에 MBL 분광계, MBL 수레, 가속도 센서, 근전도 센서, 멀티미디어 영상 현미경 등 각 영역에서 필요한 실험 교구 및 기자재가 도출되었다.

필수 교구 중에 디지털 기술과 첨단 과학기술의 반영한 실험 교구가 많이 포함되었는데, 구체적으로 기체 압력 센서, 온도 센서, 미세 먼지 센서, 이산화 탄소 센서, 열화상 카메라 등, 힘 센서, 속력 측정기, 무선 MBL 수레, CCD 카메라, 천체 촬영 장치 등 디지털 측정 도구를 통해 과학적 자료 수집의 정확성을 높이는 장치 및 첨단 디지털 측정 기기 등이 도입되었다. 이러한 장비들은 단순한 관찰을 넘어 실시간 자료 수집, 정밀한 분석, 그리고 창의적 탐구를 가능하도록 지원하는 역할을 한다.

2022 개정 과학과 교육과정에서 제시한 탐구활동을 수행하는 과정에서 학습 효과를 높이기 위해 학교가 보유하는 것을 권고하는 기자재는 초등학교 22종, 중학교 31종, 고등학교 53종이었다. 이중 과학의 하위 교과에 해당하는 실험 교구 및 기자재는 Table 7과 같다.

Table 7. Some of the recommended tools and materials for each school level

School Level	Tools and Materials
Elementary School	Sound meter, digital heart rate monitor, moon observation board, constellation board, glass tube, crucible, crucible tongs, permanent specimen (Paramecium), orbit tellerium, sun altimeter, volcanic eruption sample, igneous rock specimen
Middle School	Telescope smartphone holder, nebula cluster photo set, burette, barometer, psychrometer, ringed wooden block, convection tube, tuning fork, burette tongs, multimedia video microscope, permanent specimen (black worm), permanent specimen (plant mitosis), permanent specimen (Paramecium), pulmonary movement principle experimental device, microscope (stereotype), mineral crystal structure specimen, calcite transparent crystal, orbit tellerium, binoculars, geological hammer, solar projection plate, portable light meter
High School	Frictionless experimental device, infrared thermometer, electric circuit tester, bio chamber, osmotic pressure experimental device, optical table, bar magnet, dynamic cart, magnetic brake experimental device, electric motor, depressurization device, periodic table of elements, saccharimeter, multimedia video microscope, culture container, plant guide, dissecting needle, microscope (stereotype), star spectrum photograph, scale, rock thin section, galaxy photograph, galaxy spectrum photograph, geological survey tool set, astrophotographic photograph

2022 개정 과학과 교육과정의 탐구활동을 수행하기 위하여 권고하는 교구 및 기자재는, 초등학교에서는 소음 측정기, 디지털 심장 박동 측정기, 달 관측판, 별자리 판 등 학생들이 주변 환경과 자연 현상을 직접적으로 관찰하고 측정할 수 있는 도구들이 도출되었다. 중학교에서는 학생들에게 더욱 생생한 관찰 경험을 제공하는 데 도움이 되는 기자재와 실험의 정밀성과 탐구 범위를 확장할 수 있는 기자재가 도출되었는데, 구체적으로 망원경 스마트폰 거치대, 성운 성단 사진 세트, 뷰렛, 기압계, 건습구 습도계 등이 도출되었다. 고등학교에서는 정밀한 측정과 더불어 측정의 범위를 확장하면서 실시간으로 측정이 가능한 기자재가 포함되었는데, 구체적으로 무마찰 실험 장치, 적외선 온도계, 전기회로시험기, 바이오 챔버, 삼투압 실험 장치 등이 도출되었다. 더불어 세포분열 과정을 고화질 영상으로 관찰하도록 지원하는 멀티미디어 영상 현미경은 중학교와 고등학교에서 공통으로 확장 교구 및 기자재로 도출되었다.

2022 개정 과학과 교육과정의 탐구활동을 수행할 때 심화 학습을 지원하기 위해 선택적으로 활용될 수 있는 확장 기자재는 초등학교 1종, 중학교 2종, 고등학교 19종이 도출되었다. 이중 과학의 하위 교과에 해당하는 실험 교구 및 기자재는 Table 8과 같다.

Table 8. Some of the advanced tools and materials for each school level

School Level	Tools and Materials
Elementary School	Insect encyclopedia
Middle School	Sensor (velocity), sensor (electromyogram)
High School	MBL spectrometer, resonance device, wireless charging experiment kit, capacitor, parabolic launcher

2022 개정 과학과 교육과정의 탐구활동을 수행할 때, 학생의 심화 학습을 지원하는 도구로, 초등학교에서는 학생들의 주변 자연환경에 대한 흥미를 높이고, 곤충의 생태와 특징을 직접 탐구할 수 있도록 돕는 도구인 곤충도감, 중학교에서는 학생들이 실험 데이터를 실시간으로 측정하여 얻을 수 있는 가속도 센서와 근전도 센서가 확장 기자재로 포함되었다. 가속도 센서는 운동 에너지 변화를 정량적으로 측정하며, 근전도 센서는 생리학 실험에서 근육 수축의 전기적 신호를 분석하는 데 활용된다. 고등학교에서는 학생들의 심화·융합형 과학 탐구를 지원하기 위해 MBL 분광계, 기주공명장치, 무선 충전 실험 키트, 축전기, 포물체 발사대 등 첨단기자재가 확장 기자재로 도출되었다. 이러한 기자재는 실시간 자료 수집, 정밀한 실험 설계, 융합적 문제 해결을 가능하게 하여, 학생들이 첨단 과학기술을 직접 체험하고 미래 사회가 요구하는 역량을 키울 수 있도록 한다.

Discussion

2022 개정 과학 교육과정에서 제시된 탐구활동을 분석한 결과, 학교급별로 뚜렷한 차이가 확인되었다. 초등학교는 직접 실험이 전체 탐구활동의 81.8 %를 차지하며, 기초 탐구 중 관찰 및 측정에 해당하는 탐구활동이 많이 구성되었다. 이는 학생들이 구체적인 실험을 통해 과학 개념을 체계적으로 습득하도록 설계되었으며, 복잡한 탐구 유형보다는 초등학생의 발달 단계에 맞는 탐구활동이 중심이 된 것으로, 브루너의 표현 양식 중 초등학생들에게 적합한 작동적(enactive) 표현 양식이 주로 반영된 결과이다(Cho et al., 2014). 중학교에서는 직접 실험의 비율이 66.7 %로 여전히 높지만, 조사 활동(14.6 %)과 자료 분석 활동(10.4 %)이 도입되며 탐구 범위가 확장된다. 이는 학생들이 과학적 방법론의 기초를 다지는 단계로 설계되었음을 시사한다. 고등학교에서는 직접 실험의 비율이 54.2 %로 감소하는 대신, 실험 외 탐구활동(14.8 %)과 자료 분석 활동(9.9 %)의 비중이 증가한다. 이러한 변화는 학교급이 올라갈수록 직접 실험에서 다양한 탐구 방법으로 확장되는 경향을 보여준다.

과학 교육 현장에서 실험 중심 교육이 주요 활동으로 자리 잡고 있고(Kang & Keinonen, 2017; Minner et al., 2010), 탐구 기반 학습은 학생들의 과학적 사고력과 과학적 문제해결력을 효과적으로 향상하는 데 핵심적인 역할을 한다(Aceska, 2016; Kang & Keinonen, 2017; Minner et al., 2010). 그러나 과학 하위 교과별로 필요한 탐구 활동 유형은 뚜렷한 차이를 보인다. 물리학과 화학은 직접 실험 중심의 학습이 주를 이룬다. 이는 물리학의 경우 동역학 분석이나 물리적 원리 검증과 같은 활동에서 정확한 자료 수집과 분석이 요구되고, 화학의 경우 화학 반응 등의 관찰 과정에서 데이터의 정밀한 측정, 실시간 측정 등이 필요한 교과이며, 지구과학은 직접

실험 외에도 조사 활동과 자료 분석 활동이 두드러진 분야이다. 특히, 일상생활과 밀접하게 연관된 다양한 자료를 수집할 수 있다는 점에서, 이러한 자료를 효과적으로 활용하고 분석하는 능력이 지구과학의 핵심역량으로 중요하게 인식되고 있다(Guo et al., 2017; Wyssession et al., 2012). 반면, 생명과학은 현미경 관찰과 같은 실험과 야외 조사나 생태 관찰과 같은 실험 외 탐구활동이 강조된다. 이는 생명과학이 실험실 밖의 자연 현상 탐구에 중점을 두기 때문이다(Bae & So, 2014). 이러한 차이는 각 과목의 학문적 특성과 교육 목표를 반영한다.

ICT 및 디지털 기기를 활용한 탐구활동의 경우, 학교급이 올라갈수록 첨단 디지털 기술의 활용도가 증가하는 경향이 뚜렷한데, 특히 고등학교에서 첨단 디지털 기술이 적극적으로 활용된다. 예를 들어, 물리학에서는 AR 기술을 접목한 레이저 간섭 실험이, 지구과학에서는 인공위성 데이터를 활용한 기후 패턴 예측이 도입된다. 이는 단순한 실험 수행을 넘어 4차 산업혁명 시대에 필요한 핵심역량을 강화하기 위한 교육과정의 전략적 설계를 반영한다(Scherer et al., 2019). 하위 교과별로도 탐구활동에서 ICT 및 디지털 기기를 활용하는 특징이 다르게 나타났는데, 직접 실험의 비율이 높지 않았던 지구과학은 빅데이터 플랫폼, GIS 소프트웨어, 3D 모델링 도구와 같은 디지털 분석 도구를 활용한 탐구활동을 많이 구성하고 있었다. 물리학과 화학은 디지털 센서를 활용한 정밀 측정과 자료 수집에 중점을 둔 활동이 두드러졌으며, 생명과학은 디지털 현미경이나 생체 신호 측정 장치와 같은 디지털 관찰 도구를 탐구활동에 활용하는 것이 특징적이다. ICT 활용 기술과 첨단기자재의 활용은 학생들이 실험 자료를 기반으로 과학적 개념을 심화 이해하고, 융합적 사고를 경험할 수 있도록 지원한다(Bernhard, 2018; Scherer et al., 2019; Yun & Crippen, 2024). 이러한 기술의 활용은 학생의 학습 참여도와 학습 효과를 증진하므로(Finlayson et al., 2015; Walters et al., 2017), 단순한 지식 전달을 넘어 학생 주도적 탐구를 활성화하는 데 기여할 수 있다.

2022 개정 과학 교육과정에 따른 탐구활동을 지원하는 실험 교구 및 기자재는 학교급별, 하위 교과별로 특징이 나타났다. 초등학교에서는 기초 탐구를 지원하는 실험 도구가 필수적이다. 간단한 관찰 도구, 기본 측정 장비, 직접 조작이 가능한 실험 키트 등이 주로 필요하다. 중학교에서는 여러 측정 센서나 속력 측정기 같은 정밀 측정 장비와 디지털 센서가 도입된다. 고등학교에서는 중학교에서 도입되는 측정 센서의 종류가 더 다양해지고 무선 MBL 수레와 같은 정밀 실험 장치, 빅데이터 플랫폼과 같은 영역별 맞춤형 ICT 지원이 필요하다. 학교급별로 요구되는 교육 도구와 자원이 명확히 구분된다는 것(Cai et al., 2021; Erduran & Levirini, 2024)을 본 연구에서도 확인할 수 있었다. 하위 교과별로는 물리학과 화학은 정밀한 측정과 복잡한 실험 설계를 위한 실험 장비와 디지털 센서 등이 필수적이다. 지구과학은 빅데이터 플랫폼, GIS 소프트웨어, 3D 모델링 도구와 같은 디지털 분석 도구가 핵심 자원으로 요구되었다. 생명과학은 휴대용 생태 관찰 키트나 디지털 현미경과 같은 도구가 필수적이다. 이러한 차이에 기반하여, 물리학과 화학은 정밀한 실험 장비를, 생명과학은 휴대용 관찰 키트나 야외 관찰 도구를, 지구과학은 데이터 분석 도구를 우선 공급해야 탐구활동의 실효성을 높일 수 있다. 예를 들어, 지능형 과학실에서 물리학 또는 화학 실험 중 자료 수집을 실시간으로 진행하거나 정밀하게 진행하고자 다양한 센서와 인터페이스를 갖추는 것과 지구과학 수업에 인공위성 데이터 분석 프로그램을 도입하는 것은 교육 목표 달성에 직결된다. 이러한 실험 교구 및 기자재의 맞춤형 지원은 학생들이 과목별 핵심역량을 체계적으로 함양하는 데 기여하며, 2022 개정 교육과정이 추구하는 과학적 사고력 심화와 실생활 문제 해결 능력 강화의 토대가 될 것이다.

Conclusion

본 연구는 2022 개정 과학 교육과정에서 제시된 탐구활동과 실험 기자재를 분석하여, 학교급별 및 과목별로 나타나는 특징을 도출하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 초등학교, 중학교, 고등학교의 탐구활동은 학교급이 올라갈수록 다양화되었으며, 특히 고등학교에서는 첨단 디지털 기술과 관련된 탐구활동의 비중이 높게 나타났다. 초등학교는 탐구활동을 통해 관찰 활동을 지원하고 기초 실험 도구의 사용을 통한 과학 학습에의 흥미 유발에 집중하며, 중학교의 탐구활동은 힘 센서와 같은 정밀 측정 장비와 디지털 센서를 도입해 데이터 처리 역량을 강화하고 있었다. 고등학교의 탐구활동은 MBL 수레, AR/VR 장비, 다양한 센서 등 첨단 기술을 활용해 정밀한 측정 및 이를 활용한 융합적 문제 해결력을 함양하도록 구성하고 있다. 이러한 접근은 학교급이 올라갈수록 탐구활동이 심화 및 다양화되는 경향을 반영하고 있다. 이는 학교급별 교육 목표에 따라 탐구활동이 설계되었음을 보여주며, 학생들의 과학적 사고력과 문제 해결력을 체계적으로 함양하기 위한 교육과정의 의도를 반영한 것이다.

둘째, 과목별로 요구되는 탐구활동의 유형과 지원 자원에는 뚜렷한 차이가 있었다. 물리학과 화학은 직접 실험의 비율이 높고 정밀한 실험 장비와 실시간 자료 측정 센서가 요구하는 경우가 특징적이었는데, 이는 직접 실험을 통한 측정 및 자료 분석을 바탕으로 과학 학습이 이루어지는 교과 특성이 반영되었다. 반면, 지구과학은 조사 활동과 자료 분석 활동이 탐구활동 중 중요한 비중을 차지하고 있었는데, 다양한 자료를 수집하고 분석하는 과정에서 디지털 분석 도구를 활용하는 것이 중요하게 나타났다. 생명과학은 현미경 관찰, 야외 조사, 생태 관찰과 같은 실험 외 탐구활동이 강조되며, 이에 적합한 휴대용 생태 관찰 키트나 디지털 현미경과 같은 도구가 필수적이었다.

셋째, 과목별로 탐구활동 중 ICT 활용 탐구를 분석한 결과, 물리학과 지구과학에서 디지털 기술 활용 탐구활동의 비중이 상대적으로 높게 나타났다. 물리학은 소리의 진폭, 진동수, 파형 등을 ICT를 활용하여 정밀한 분석을 시도하는 경향이 있었으며, 지구과학은 소프트웨어로 화산대, 지진대를 시각화하거나 AI를 이용한 은하 분류 활동 등 직접 관찰이 어려운 부분에 ICT를 활용한 간접 체험의 경험을 제공하는 특징이 있었다. ICT 활용 기술과 첨단기자재의 활용은 데이터 기반 실험과 분석 활동을 통해 학생들이 과학적 개념을 심화 이해하고 융합적 사고를 경험할 수 있도록 돕는다. 특히 연구에서 도출된 확장 기자재는 디지털 기술과 결합해 데이터 기반 탐구 경험을 제공하며, 성공적 실행을 위해 노후화된 교구와 신규 ICT 장비의 균형적 운영, 지능형 과학실 구축 등 인프라 개선이 필수적이다. 그러나 이러한 기자재를 효과적으로 활용하기 위해서는, 학교에서 이들을 활용한 탐구활동이 지속해서 이루어지기 위한 첨단기자재의 구매 및 유지 등을 위한 예산 지원과 교사들의 디지털 전문성 함양을 위한 교사 연수 등의 지속성과 강화가 필요하다.

넷째, 탐구활동을 수행하는 데 필요한 실험 교구 및 기자재는 학교급이 올라갈수록 ICT 및 디지털 기기를 활용한 실험 교구의 필요가 두드러졌으며, 하위 교과별로도 필요로 하는 교구 및 기자재의 유형이 다른 것으로 나타났다. 고등학교에서는 다양한 ICT기술이 활용되며, 이를 바탕으로 학생들이 자료 분석과 융합적 문제 해결을 경험하도록 한다. 물리학과 화학은 정밀한 측정을 위한 장비가 특징적이며, 생명과학은 관찰 중심의 도구, 지구과학은 디지털 분석 도구 또는 직접 관찰이 한계를 보완하기 위한 간접 관찰을 위한 교구가 요구된다. 이러한 학교급별, 하위 교과별로 필요한 맞춤형 실험 교구 및 기자재 지원은 학생들에게 단순한 관찰을 넘어 실시간 자료 수집, 정밀한 분석, 그리고 창의적 탐구를 가능하게 한다. 이는 2022 개정 과학과 교육과정이 지향하는 과학과 핵심역량 함양, 깊이있는 학습, 생활화 문제 해결 등에 기여할 것으로 기대된다.

본 연구는 2022 개정 과학과 교육과정에서 제시된 탐구활동을 분석하기 위하여, 교육과정 문서와 개발된 교과서를 바탕으로 분석을 진행하였으나, 일부 교과서가 개발되지 않은 학년의 경우 교육과정 문서와 이전 교육과정의 교과서를 바탕으로 교구 및 기자재를 도출하여 전체 학년의 모든 교과서를 확인하지는 못했다는 한계를 지닌다.

Conflicts of Interest

The author(s) declared no conflicts of interest.

References

- Aceska, N. (2016). New science curriculum based on inquiry based learning- a model of modern educational system in Republic of Macedonia. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 2, 1-12.
- Aditomo, A., Goodyear, P., Bliuc, A. M., & Ellis, R. A. (2013). Inquiry-based learning in higher education: Principal forms, educational objectives, and disciplinary variations. *Studies in Higher Education*, 38, 1239–1258. <https://doi.org/10.1080/03075079.2011.616584>
- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42, 504–525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Bae, J. H., & So, K. H. (2014). Effects of the biology field-trip inquiry program on environmental literacy and scientific attitude of elementary preservice teachers. *Biology Education*, 42, 32-41.
- Bernhard, J. (2018). What matters for students' learning in the laboratory? Do not neglect the role of experimental equipment!. *Instructional Science*, 46, 819–846. <https://doi.org/10.1007/s11251-018-9469-x>
- Cai, S., Liu, C., Wang, T., Liu, E., & Liang, J. C. (2021). Effects of learning physics using Augmented Reality on students' self-efficacy and conceptions of learning, *British Journal of Educational Technology*, 52, 235-251. <https://doi.org/10.1111/bjet.13020>
- Chae, D. H., Shin, J. Y., & Kim, E. A. (2022). Analyzing inquiry activities and exploring the difficulties of teaching inquiry activities presented in science textbooks for grades 5-6. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 15, 213–223. <https://doi.org/10.15523/JKSESE.2022.15.2.213>
- Cho, H. Y., Kim, H. K., Yoon, H., & Lee, K. Y. (2014). *Theories of Science Education*. Paju: Kyoyookbook.
- Dayan, E., & Tsybulsky, D. (2023). Designing and teaching socio-scientific issues online: Digital curation in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 45, 1–20. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2381133>
- Erduran, S., & Levriani, O. (2024). The impact of artificial intelligence on scientific practices: An emergent area of research for science education. *International Journal of Science Education*, 46, 1982–1989. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2306604>
- Finlayson, O., McLoughlin, E., & McCabe, D. (2015). Strategies for the Assessment of Inquiry Learning in Science (SAILS): A European project in science teacher education. *New Perspectives in Science Education 4th Edition 2015*. <https://conference.pixel-online.net/files/npse/ed0004/FP/1613-SEPI992-FP-NPSE4.pdf>

- Guo, H., Liu, Z., Jiang, H., Wang, C., Liu, J., & Liang, D. (2017). Big Earth data: A new challenge and opportunity for digital Earth's development. *International Journal of Digital Earth*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1264490>
- Husnaini S. J., & Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15, 010119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119>
- Kang, J., & Keinonen, T. (2017). The effect of inquiry-based learning experiences on adolescents' science-related career aspiration in the Finnish context. *International Journal of Science Education*, 39, 1669–1689. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1350790>
- Kotsis, K. T. (2024). The significance of experiments in inquiry-based science teaching. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5, 86–92. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.2.815>
- Ministry of Education [MOE]. (2022a). 2022 Revised National Curriculum General Guidelines. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education [MOE]. (2022b). 2022 Revised Science National Curriculum. Sejong: Ministry of Education.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Saribas, D. (2023). An online laboratory applications course for the development of scientific practices and scientific method. *International Journal of Science Education*, 45, 1340–1367. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2205550>
- Scherer, R., Siddiq, F., & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. *Computers & Education*, 128, 13–35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.009>
- Seung, E., Park, S., & Jung, J. (2014). Exploring preservice elementary teachers' understanding of inquiry-based science teaching using reflection journals. *Research in Science Education*, 44, 507–529. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9390-x>
- Son, J., Shim, J., Choi, W., Lee, B., Kim, J., Son, M., & No, S. (2017). The Research on Analysis of Actual Condition of Elementary, Junior and High School's Science Laboratory and Support for Laboratory Equipments. BD17020002, The Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- van Eijck, T., Bredeweg, B., Holt, J., Pijls, M., Bouwer, A., Hotze, A., Louman, E., Ouchchahd, A., & Sprinkhuizen, M. (2024). Combining hands-on and minds-on learning with interactive diagrams in primary science education. *International Journal of Science Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2387225>
- Walters, A. U. C., Lawrence, W., & Jalsa, N. K. (2017). Chemical laboratory safety awareness, attitudes and practices of tertiary students. *Safety Science*, 96, 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.03.017>
- Wysession, M. E., LaDue, N., Budd, D. A., Campbell, K., Conklin, M., Kappel, E., Lewis, G., Reynolds, R., Ridky, R. W., Ross, R. M., Taber, J., Tewksbury, B., & Tuddenham, P. (2012). Developing and applying a set of earth science literacy principles. *Journal of Geoscience Education*, 60, 95-99. <https://doi.org/10.5408/11-248.1>
- Yáñez-Pérez, I., Toma, R. B., & Meneses-Villagr , J.  . (2024). The IndagApp mobile app: an inquiry-based science teaching resource: Usability evaluation with pre-service teachers. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 13, 7. <https://doi.org/10.1007/s44322-024-00008-7>

- Yun, D., & Choi, A. (2019). Analysis of achievement standards, activities, and assessment items in the 2015 revised science curriculum and grade 7 science textbooks: Focusing on science core competencies. *Journal of the Korean Chemical Society*, 63, 196-208. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2019.63.3.196>
- Yun, M., & Crippen, K. J. (2024). The use of educational technology in inquiry-based elementary science education: A systematic review. *International Journal of Science Education*, 46, 1256-1279. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2284689>

Authors' Information

Cho, Jaehee: Kongju National University, Assistant Professor, 1st Author.

<https://orcid.org/0000-0002-4280-5267>

Kim, Hyunjung: Kongju National University, Professor, Corresponding Author.

<https://orcid.org/0000-0001-6223-9816>