

초등학교 과학영재 학생을 대상으로 한 데이터 시각화 학습 프로그램 개발 및 효과 - Tableau 프로그램 활용을 중심으로 -

김형욱[†]

Development and Effectiveness of Learning Programs on Visualization of Data for Gifted Students in Elementary School Science - Focusing on Using the Tableau Program -

Kim, Hyunguk[†]

국문 초록

본 연구는 데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램이 초등학교 과학영재의 과학 탐구 능력과 창의적 문제해결능력에 미치는 영향을 탐색하고자 한 것이다. 이를 위해 총 12차시의 테블로를 활용한 데이터 시각화 과학 학습 프로그램을 개발하였다. 연구 대상은 연구자가 지도하고 있는 3개의 영재학급 학생 61명으로 하였으며, 환경과 상황에 맞게 수정된 과학 탐구 능력 검사지와 창의적 문제해결력 검사지를 사전, 사후에 투입하였다. 연구 결과 데이터 시각화에 기반한 과학 학습은 과학 탐구 능력 중 기초 탐구 능력에는 별다른 영향을 미치지 못하였다. 다만 하위영역 중 추리 영역에서만 유의미한 결과가 나타났다. 반면 기초 탐구 능력과 대조적으로 통합 탐구 능력에는 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 5개의 하위영역 중 자료변환, 자료해석, 변인통제 3개의 영역에서 유의미한 결과가 나타났다. 하지만 변인통제와 연관이 있는 가설설정의 경우 학생들이 변인통제 과정과 가설설정의 정확한 개념을 혼동한 것으로 나타났다. 한편, 프로그램 적용을 통해 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 탐색하였는데 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 4개의 하위영역 모두에서 유의미한 결과가 나왔다. 테블로의 기능을 학생들이 능숙하게 익히게 된 것과 토의 토론하는 협력학습, 절차적 사고를 중시하는 데이터 시각화 프로그램의 주제적 영향이 이와 같은 결과에 기인한 것으로 해석되었다. 본 연구를 통해 데이터 시각화에 기반한 과학 학습과 앞으로의 미래교육 방향에 대하여 시사점을 얻을 수 있었다.

주제어: 테블로, 데이터 시각화, 과학 학습 프로그램, 과학 탐구 능력

ABSTRACT

This study aimed to examine the effects of a science-learning program based on data visualization on the science inquiry and creative problem-solving abilities of elementary school science-gifted students. Accordingly, this research developed a data visualization science-learning program using Tableau, which had twelve sessions. The subjects encompassed 61 students in three gifted classes taught by the researcher. The scientific inquiry ability test and creative problem-solving ability test modified to suit the environment and situation were given to the subjects before and after the treatment. The results confirmed that science learning based on data visualization had no significant impact on basic science inquiry skills. Among the subdomains, significant results were obtained only in the reasoning subdomain. Moreover, integrative inquiry ability was significantly affected, unlike

basic inquiry abilities. Among the five subdomains, significant differences were observed in three subdomains (data conversion, data interpretation, and variable control). However, concerning the generation of hypotheses and the control of variables, students exhibited confusion regarding the process of variable control and the exact concept of hypothesis development. This study also evaluated the effects of the program's application on creative problem-solving abilities and found a significant impact. Additionally, it was significantly different in all four subdomains. The results were interpreted to be owing to the students' mastery of Tableau's features, collaborative learning through discussion and debate, and the thematic impact of the data visualization program emphasizing procedural thinking. Finally, this study presented implications for science learning based on data visualization and the future direction of education.

Key words: Tableau, data visualization, science learning program, science inquiry ability

I. 서 론

21세기 정보 통신 기술이 고도로 발전하여 많은 사용자들이 디지털 정보를 생성하고 처리하고 공유하면서 실생활에 활용하고 있다. 그러므로 이렇게 기하급수적으로 증가하는 데이터를 효과적으로 표현하고 관리하여 활용하는 것이 중요해졌다(우지선과 김갑수, 2022). 현재 기술은 원하는 데이터를 얻기 위해 의미 있는 정보를 찾고 분석하는 방식에 초점이 맞추어졌다. 그러나 데이터는 분석 과정도 중요하지만, 분석한 결과와 가치를 어떻게 서비스에 활용할 것인지, 또 그 가치를 이용자에게 어떻게 보여줄 것인지를 더욱 생각해야 한다(두경일, 2016). 이것은 최근 뉴스를 통해 접하는 수많은 데이터 시각화 유형과 맥락을 같이한다. 시각화된 데이터를 효율적으로 이해하지 못하고, 또는 잘못 인식하고, 나아가 잘못된 정보로 인한 편견과 실수가 발생한다면 큰 문제를 초래할 수 있다(김민정, 2021). 따라서 본 연구는 데이터 시각화와 교육이 체계적으로 이루어져야 한다는 생각에서 출발하였다. 흔히 인간은 시각적 패턴을 인지하는 능력이 발달했기 때문에 글이나 말과 같은 다른 지각 수단보다 시각을 활용할 때 문제 상황을 이해하고, 의사결정을 내리고, 결과를 분석하는 인지능력이 향상될 수 있다(강인애 등, 2014). 따라서 데이터 분석의 결과를 상황에 맞는 이미지와 그래프 등으로 나타내어 핵심 정보와 내용을 탐색하는 데 이용해야 한다.

특히 과학 교과는 실험 데이터와 기타 수집 자료 내 데이터를 필두로 한 객관적인 자료를 근거로 하여 학습이 이루어지고 학습자의 논리적인 추론 과정에 근거한 가설 생성 과정을 중요하게 다룬다. 이때 학습자는 과학적 데이터를 시각화하고 해석하며

새로운 관점에서 가설을 바라보고 수정하는 과정을 거칠 수 있다(김명신 등, 2023). 즉, 데이터 시각화는 학습자가 어떤 현상에 직면했을 때 관련성이 없어 보이는 것들을 연결하여 가능한 답변을 추론해 낼 수 있도록 지원함을 의미한다(Azzam *et al.*, 2013). 또한 데이터 시각화를 활용한 수업은 학습자가 관련 개념을 보다 심층적으로 이해할 수 있도록 유도하고, 자료에 대한 기억을 돕는다(DeLuca & Lari, 2011). 시각화 고유의 인지능력 확대 기능이 관련 개념의 이해 확장을 돕는 것이다(Leblanc, 2012). 이는 개념 사이의 위계가 분명하고 학습 내용을 바탕으로 과학적 의사결정과 상관관계를 파악해야 하는 과학 교과의 특성상 유용하다고 볼 수 있다(Schizas *et al.*, 2013).

실생활에서 활용되고 쉽게 수집할 수 있는 데이터의 시각화는 학습자의 흥미와 학습 효능감을 향상시킨다. 실생활 데이터를 분석하고 해석하는 일련의 활동을 경험하여 학습자는 과제에 대한 몰입도를 증가시키고, 데이터 처리와 분석에 대한 자신감으로 내재적 동기가 높아지는 것이다(Erwin, 2015). 과학 교과 학습에서도 실제적인 데이터 활용이 장려되고 있고 사용 가능한 데이터 세트도 많이 존재하고 있으며(홍옥수 등, 2022), 같은 맥락으로 실제 데이터와 빅데이터를 이용한 과학 탐구를 지원하는 정책을 추진 중이다(교육부, 2020, 2021). 또한 2022 개정 교육과정 총론에서는 미래세대 핵심 역량인 디지털 기초 소양 강화를 교육 방향으로 설정하고 있기도 하다(정인진과 박경애, 2022). 그만큼 방대한 실시간 데이터를 수집하고 공유·분석하여 문제를 해결하는 과학 탐구 활동을 통해 과학 교과 학습 역량의 함양을 추구하는 것이다(손미현과 정대홍, 2020). 이는 데이터 처리를 통해 과학자의 연구 및 사고 과

정을 경험하여 과학적 지식을 학습하게 하자는 주장과 같은 의미를 지니며(Martin & Howell, 2001), 이 중에서도 데이터 시각화는 학생의 이해를 크게 도우며 학교에서의 데이터 시각화 학습은 개인의 남은 일생에까지 영향을 줄 정도로 중요하기에 주목할 필요가 있다(Börner *et al.*, 2016). 특히 변인 통제된 실험으로 데이터를 수집하고 변환하여 해석하는 일련의 단계는 과학 탐구에서 통합 탐구 능력과 밀접하게 관련이 있고 이 과정에서 데이터 시각화는 간과할 수 없는 도구적 요소이다. 그러나 이와 같은 효과에도 불구하고, 다수의 학습자는 기본적인 수준의 데이터 시각화에도 어려움을 겪는다. 선행연구에 따르면, 인지적 수준이 높은 사람들도 시각화된 자료에 대한 숫자 정보를 제대로 이해하고 해석하는데 어려움을 겪는 것으로 나타났다(김명신 등, 2023; Newman & Scholl, 2012). 특히 과학 교과의 경우 다루는 데이터의 양이 많고 종류도 다양해서 어려움의 정도가 큰데 이를 해결하기 위해 추가적인 안내와 과학 교과 데이터에 대한 충분한 설명이 필요하다(Epp & Bull, 2015).

한편, 위에서 서술한 어려움과 중요성에도 불구하고 여러 선행연구는 학습자의 데이터 시각화 수행과 기술적인 측면에서의 능력 향상에 초점을 두었고 대상은 중·고등학생 이상으로 하는 경우가 많았다. 적용되는 교과도 정보 교과나(김정아 등, 2019), 수학 교과에 한정하여(강철주 등, 2022) 과학 교과 학습에 적용하는 경우는 드물었다. 또한 데이터 시각화를 비롯한 데이터 처리 역량은 과학 탐구 수행에 있어 필수적 도구 역할을 하며 후에 자기주도적 자유탐구로 이어질 수 있는 밑바탕이 될 수 있다고 보이지만, 직접적인 과학 탐구 능력에 어떠한 영향을 미치는지 알기 어려웠다. 아울러 데이터 시각화 고유의 인지능력 확대와 통찰력 증가에 따른 창의적 문제해결력 변화를 알아본 연구는 드물었다. 이러한 문제의식에 따라 본 연구에서는 데이터 시각화를 과학 탐구 학습에 적극적으로 도입하여 초등학생도 쉽게 다가갈 수 있는 데이터 시각화 기반 교육 프로그램을 개발하고자 하였다. 그리고 실생활의 실제 데이터를 과학 학습에 접목하여 과학적 사고력을 기르고 과학 탐구 능력과 창의적 문제해결에 어떠한 영향을 미치는지 확인하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

과학 학습에서 데이터 시각화의 효과를 알아보기 위하여 지방 중소도시에 위치한 초등학교 과학영재 3개 학급의 학습자 61명(남자 31명, 여자 30명)을 대상으로 연구를 진행하였다. 선정된 과학영재 학급은 모두 6학년으로 이루어져 있으며 다양한 학교의 학생들이 함께 과학 학습을 하고 있었다. 미리 학생들을 대상으로 데이터와 관련된 소양 측정을 하였고 각 학급에서 4~5명씩 수준이 다양한 이질적 학습자 집단을 구성하였다. 연구에 참여한 과학영재 학생들은 컴퓨터를 통하여 자료의 다운로드가 가능하였고 간단한 한글 문서 작성과 PPT 제작 그리고 데이터 시각화와 관련한 엑셀을 사용한 경험이 있었다. 일부 학생들은 엑셀과 관련된 자격증을 보유하고 있어 학습자 집단을 구성하는데 참고하였다. 물론 그림에도 불구하고 학생들 간의 데이터 처리 역량과 학습 내용을 완전히 자기화하여 이해하는 것에는 차이가 있었다. 연구자는 이러한 차이가 프로그램 전체 참여와 학습으로의 실천에 영향을 받는 것을 최소화할 수 있도록 협동학습을 장려하였으며 하나의 문제해결에도 토론과 토의 과정을 통해 개인의 역량 차이를 줄이고자 노력하였다.

2. 연구 설계 및 활용 프로그램

본 연구는 데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램을 개발하고 학생들의 과학 탐구 능력과 창의적 문제해결력의 변화를 탐색하고자 하는 것이다. 이를 위해서 우선 학생들의 과학 및 실험관찰 교과서에서 제시하고 있는 데이터 시각화 유형에 대한 조사를 수행하였고 학생들의 수준 파악을 위해 동의 얻어 몇몇 과학영재 학생의 실험관찰 교과서 활용 실태를 점검하였다. 이후 데이터 시각화와 관련하여 교사 연수 경력이 있고 대학원에서 데이터 사이언스를 전공한 전문가 1인 및 과학교육 박사학위를 취득하고 현재 교직 경력 10년 차인 전문가 1인과 함께 수업에 활용할 수 있는 주제를 탐색하였다. 그리고 본 연구에서 활용할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 프로그램 개발에는 본 연구의 연구자 외에 과학영재 학급을 운영하는 3인의 동료교사가 참여하였으며, 수차례에 걸친 회의를 통해 학습자료

Table 1. Research design

연구 설계	
데이터 시각화 기반 과학 학습 프로그램 참여 학생	O1 X O2

O1 : 사전 과학 탐구 능력 검사, 창의적 문제해결력 검사
 O2 : 사후 과학 탐구 능력 검사, 창의적 문제해결력 검사
 X: 데이터 시각화 기반 수업 적용

를 개발하였다. 최종 개발 자료의 경우, 과학교육 전공 대학교수 1인의 자문과 검토를 받았으며, 연구자와 별다른 친분이 없는 컴퓨터 교육 전문가 1인에게도 객관적인 검토를 받았다. 이를 통해 총 12차시로 이루어진 최종 프로그램을 확정하였다.

한편 본 연구는 연구자의 지도하에 활동하고 있는 과학영재 3개 학급 학생들을 대상으로 한 것으로 특정 시간에 교육이 이루어지는 특성상 비교 집단을 구성하기가 매우 어렵다. 따라서 Table 1과 같이 단일 집단 사전-사후 검사 설계를 활용하였다. 데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램을 학생들에게 적용하기 이전과 이후에 각각 과학 탐구 능력 검사와 창의적 문제해결력 검사를 수행하였다.

본격적인 프로그램 적용에 앞서, 개발된 교육 프로그램에서 활용하는 데이터 시각화 도구인 테블로(Tableau)에 대한 사전교육을 진행하였다. 테블로는 엑셀과 함께 많은 데이터 분석 작업에서 활용하는 데이터 시각화 도구로 어려운 코딩 없이 다양한 그래프를 표현할 수 있으며 계정만 생성하면 누구나 쉽게 접근할 수 있어 주목받고 있는 프로그램이다. 최근에는 여러 기업에서도 데이터 분석에 활용하고 있어 그 활용도와 저변은 더욱 확대될 것으로 기대된다. 테블로는 지원하는 기능에 따라 다양한 버전이 존재하는 데 본 연구에서는 가정에서도 무료로 사용할 수 있는 테블로 퍼블릭(Tableau Public)을 사용하였다. 테블로를 실행시킨 후에는 엑셀, 텍스트 파일, PDF 등 다양한 형식의 문서를 실행시켜보고 어떻게 워크시트 상에 불러올 수 있는지 알아보았다.

3. 검사 도구

1) 과학 탐구 능력 검사

본 연구에서 활용한 과학 탐구 능력 검사지는 권재술과 김범기(1994)가 개발한 TSPS (Test of Science Process Skill) 검사지를 사용하였다. 검사지는 기초 탐구 능력에 해당하는 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리

의 5가지 영역 15문항과 통합 탐구 능력의 자료해석, 자료변환, 변인통제, 가설설정, 일반화의 5가지 영역 15문항으로 구성되어 있다. 연구자는 기존 검사지를 현재의 교육 상황과 연구 대상 참여자의 실정에 맞도록 변형시키고자 하였다. 또한 학생들이 이해하기 어려운 용어나 현재의 교육과정 검토를 통하여 일부 표현을 수정하였다. 이러한 일련의 과정은 과학교육 전공 박사 1인의 자문과 경력 20년차 이상의 동료교사 2인, 과학교육 전공 박사과정 1인의 의견을 반영하여 진행하였다. 모든 문항은 4지선다형으로 되어 있으며, 채점에서는 정답을 1점, 오답을 0점으로 처리하여 총 30점 만점으로 점수를 부여하였다. 전 문항에 대한 Cronbach's α 의 값은 0.887이다.

2) 창의적 문제해결력 검사

학생들의 창의적인 문제해결력을 검사하기 위하여 한국교육개발원(2001)의 ‘간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구(1)’를 토대로 정은영(2008)의 연구에서 활용한 검사지를 사용하였다. 검사지는 확산적 사고, 비판적·논리적 사고, 동기적 요소, 지식·사고기능·기술의 이해 및 숙달 여부의 4가지 하위 영역으로 구성되어 있으며 각 영역별 5문항의 총 20문항으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 검사지를 경력 20년차 이상의 동료교사 2인과 함께 검토하였으며, 몇몇 표현을 데이터 시각화를 활용한 본 연구 상황에 맞게 수정하여 학생에게 적용하였다. 검사지는 5점 리커트 척도로 이루어졌으며, 전 문항에 대한 Cronbach's α 의 값은 0.918이다.

4. 자료 처리 및 분석

본 연구에서 개발하고 적용한 프로그램이 학생들의 과학 탐구 능력과 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사전, 사후에 과학 탐구 능력과 창의적 문제해결력 검사를 실시하고, 대표적인 통계 프로그램인 R을 활용하여 t-검정으로 분석하였다. 유의성 검증 분석에는 $p < .01$ 과 $p < .001$ 수준까지 판정하였고 정량적인 분석으로 드러나지 않는 부분에 대한 보충으로 면담을 활용한 질적 분석을 병행하였다. 간단한 면담은 수시로 이루어졌으며, 사후 검사 결과가 사전 검사 결과에 비해 눈에 띄게 변화한 학생들을 대상으로 긴밀한 면담을 실시하였다. 면담의 내용은 표준화된 질문지 없이 ‘프로그램 활

동 후 느낀 점’, ‘힘들거나 아쉬운 점’, ‘참여 동기’, ‘평소 과학 수업과의 차별성’ 등을 질문하였고 학생들의 응답을 녹음한 후 전사하여 분석에 활용하였다.

III. 연구 결과

1. 데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램 개발

본 연구에서 개발한 프로그램은 초등학교 과학영재 3개 학급에서 학습할 수 있도록 개발되었다. 초등학교 과학영재 학급은 정기적으로 1주에 한 번씩 지도교사들이 돌아가며 수업을 진행하는데, 1회 수업에 4차시를 학습하게 된다. 개발된 프로그램이 12차시인 구성으로 인하여 3주에 걸쳐 수업을 하였고

학생들은 영재학급에 구비된 노트북을 활용하여 실습에 참가하였다. 또한 가정에서 배운 내용을 복습하고 다양한 기능을 조작해 볼 수 있도록 테블로 설치하는 방법에 대한 안내를 하여 학생들이 쉽게 접근하여 활용할 수 있도록 하였다.

본 연구자는 활동에 앞서 학생들에게 데이터 리터러시(Data Literacy)에 대한 의의를 충분히 설명하고 지식 정보화 시대 핵심 역량 함양과 관점 자체의 변화를 가져올 수 있도록 교육하였다. 프로그램의 주요 내용은 Table 2와 같다.

1차시에서는 학생들에게 데이터란 무엇인지 개념적으로 소개하고 데이터를 효율적으로 정리하는 것에 대하여 학생들에게 설명하였다. 이 과정에서 우리 사회 주변의 데이터 종류를 확인하고, 현재 사회

Table 2. The composition and main contents of science learning using data visualization

차시	차시명	주요 학습 내용
1	데이터란 무엇인가? 그리고 데이터를 어떻게 정리할까?	· 데이터의 개념과 우리 사회 주변의 데이터 종류 · 데이터를 활용한 산업과 정책 · 구글 스프레드 시트를 활용한 데이터 입력과 편집 · 데이터 자동 채우기와 데이터 기본 연산
2~4	기본적인 데이터 다루기 데이터 시각화 이론	· 숫자 데이터 처리를 위한 구글 스프레드 시트 기본 함수 처리 · 텍스트 데이터 처리를 위한 구글 스프레드 시트 기본 함수 처리 · 여러 가지 데이터 표시 형식 · 자동필터와 고급필터를 활용한 데이터 분석 · 데이터 시각화의 개념 및 여러 가지 유형 탐색(산점도, 파이차트, 라인차트, 막대 그래프, 히트맵 그래프 등) · 데이터 축성값의 변형
5~6	미세먼지 데이터 확인과 테블로 기초 기능 학습(1)	· 미세먼지의 과학적 개념 · 미세먼지 데이터 세트 확인 · 라인차트의 구성요소 · 테블로를 활용한 라인차트 그리기 · 라인차트에서 확인할 수 있는 추세선과 예측기능 · 이중축의 활용과 라인차트 꾸미기
7~8	미세먼지 데이터 확인과 테블로 기초 기능 학습(2)	· 월별/요일별 미세먼지 데이터를 활용한 히트맵 그래프 그리기 · 라인차트와 히트맵 그래프의 비교 · 미세먼지 문제 대처 방안에 대한 데이터 기반 과학적 탐구 및 토의
9~10	데이터로 확인하는 현명하고 과학적인 쓰레기 처리(1)	· 비닐과 플라스틱의 과학적 개념 · 쓰레기 관련 데이터 세트 확인 · 막대차트의 구성요소 · 테블로를 활용한 막대차트 그리기 · 테블로를 활용한 파이차트 그리기
11	데이터로 확인하는 현명하고 과학적인 쓰레기 처리(2)	· 지역별 특징 구분하는 그래프 · 쓰레기 문제 대처 방안에 대한 데이터 기반 과학적 탐구 및 토의 · 데이터 시각화 종합 · 나의 생활과 데이터
12	AI시대 올바르게 데이터를 바라보는 방법	· AI와 데이터의 중요성 · 데이터 정리를 통한 체계화의 필요성 · 데이터를 활용하는 직업의 세계

전반에 있는 데이터를 활용한 산업과 정책에 대하여 소개한다. 또한 구글 스프레드시트를 활용하여 간단한 데이터는 입력하고 편집하는 활동으로 데이터를 다루는 기본 감을 익힌다. 아울러 데이터 자동 채우기와 연산을 통해 기초적인 조작 능력을 익힌다. 2~4차시에서는 숫자 데이터 처리를 위한 기본적인 함수에 대한 설명을 하고 텍스트 데이터 처리에 유용한 함수를 구글 스프레드시트에서 알아본다. 그리고 데이터를 표시하는 여러 가지 방식에 대하여 이해하고 자동필터 적용을 통해 유용한 데이터를 신속하게 불러오는 기능을 익힌다. 데이터 시각화의 개념은 본 연구에서 개발한 프로그램의 주요 내용이자 가장 기본적인 핵심 개념이라 할 수 있다. 이를 위해 여러 가지 유형을 탐색할 수 있도록 하였으며 산점도, 파이차트, 라인차트, 막대 그래프, 히트맵 그래프 등의 생김새와 모양 특징을 구별하게 된다. 본 차시에서 다루는 함수와 차트는 일부 교육과정 내용을 벗어날 수 있는 관계로 함수의 경우 평균과 최대·최소, 정렬을 위주로 학습하였으며 차트는 수학 교과와 연계함과 동시에 시각적 측면의 유용성을 위주로 학습한다. 5~6차시에서는 본격적인 과학적 데이터를 다루고 분석을 수행하면서 학생들의 데이터 시각화 역량을 함양하게 된다. 우선, 미세먼지 데이터 세트를 ‘서울시대기환경정보’ 홈페이지에서 다운을 받아 구성요소에 대한 탐색을 수행한다. 그리고 미세먼지와 초미세먼지 농도를 시계열

순으로 구분한 라인차트를 그리게 된다. 테블로 프로그램으로 라인차트를 그리면서 이중축을 활용하여 두 개의 변수를 통합하기도 하고 추세선을 그려 미세먼지 농도의 변화 상황을 심층적으로 알아본다. 마지막으로 테블로 프로그램에 탑재한 시계열 예측 기능을 활용하여 모델에 따라 향후 예측선이 어떻게 변하는지를 비교하고 확인한다. Fig. 1은 학생들이 미세먼지 데이터를 테블로 프로그램을 활용하여 그린 라인차트의 예시 자료이다. 차트 후반부에 있는 음영 구역은 예측 오차를 나타내는 것이며 음영 구역에 있는 실선 그래프는 학생들이 모델로 설정한 것에 따라 예측선을 그린 것이다. 또한 라인을 색깔별로 구분(파란-미세먼지, 노란-초미세먼지)하였고 이중축을 적용하였다. 7~8차에서는 전 차시에서 활용했던 미세먼지 데이터를 그대로 활용하면서 히트맵 그래프 그리기 활동을 수행한다. 히트맵 그래프는 이산적인 수치를 연속적인 색으로 표현한 것으로 직관적인 표현에 유용하다고 볼 수 있는데 테블로 프로그램을 활용하면 손쉽게 그릴 수 있다. 학생들은 요일을 가로축으로 월을 세로축으로 설정하고 히트맵 그래프를 그리게 되는데 색상 및 숫자 데이터의 표시 방법 등은 창의적으로 개인의 데이터 시각화 취향을 반영하여 그리게 된다. Fig. 2는 학생들이 그린 히트맵 그래프의 예시 자료이다. 9~10차시에서는 쓰레기 및 생활 폐기물 데이터 세트를 확인하게 된다. ‘공공데이터’ 홈페이지에서 다운

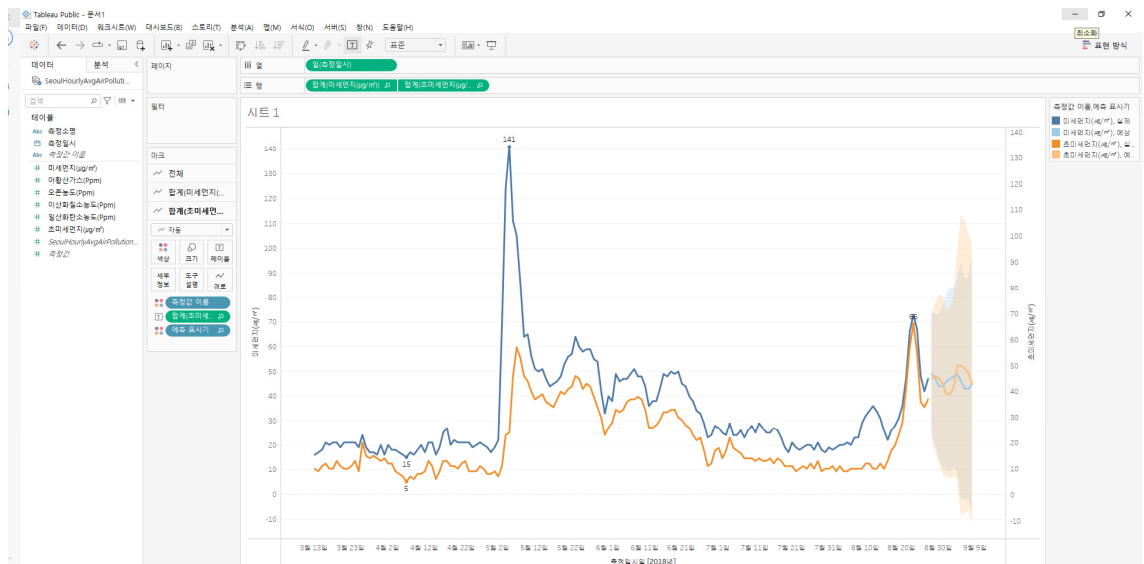


Fig. 1. Graph of fine dust data line chart using the Tableau program

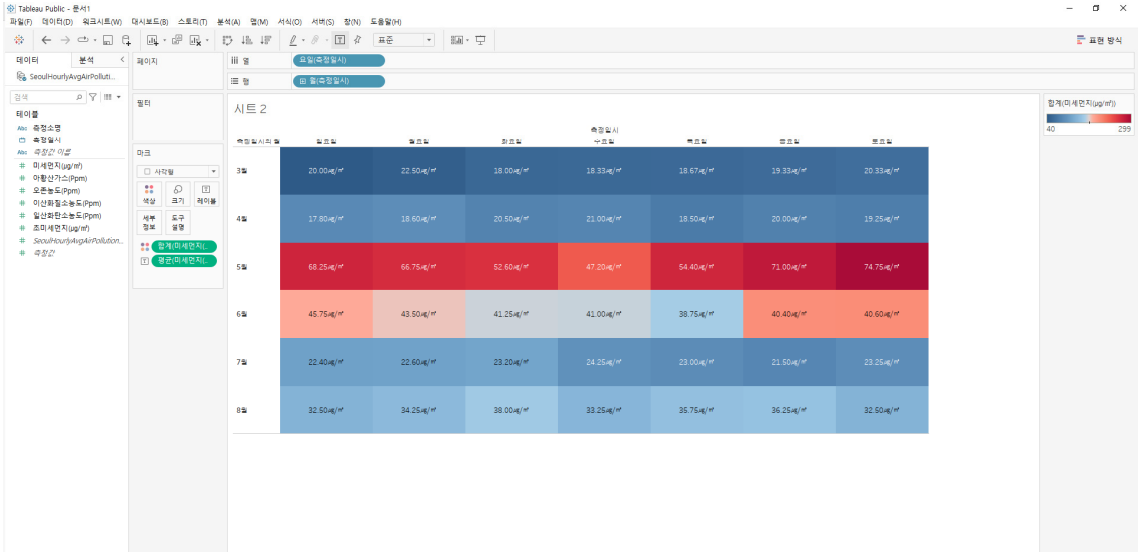


Fig. 2. Heat map of fine dust data using the Tableau program

을 받아 데이터의 구성요소를 확인하고 어떻게 데이터 처리를 하면 되는지에 대한 전략을 수립한다. 간단한 막대 차트를 통해 알아보며 재활용품과 음식물 쓰레기, 일반 폐기물 등을 구별하거나 지역별 쓰레기량 변화를 확인하면서 Fig. 3과 같이 연도별로 나타내는 막대차트를 그린다. 또한 파이차트도 함께 그려 보면서 데이터 시각화에 대한 여러 가지 유형을 직접 체험해 본다. 11차시에서는 지역별로 구분지를 수 있는 방법에 대한 학습을 하는데 지도

위에 그래프를 삽입하거나 산점도를 통해 다른 지역과 비교할 수 있는 역량을 기른다. 그리고 나의 생활 속에서 수집할 수 있는 데이터를 탐색하고 직접 기록하면서 나만의 과학적 데이터 시각화를 시도한다. 마지막 12차시에서는 AI 시대 올바르게 데이터를 바라보는 안목에 대한 학습으로 배운 내용을 정리하고 AI 시대에 데이터 정리를 통한 체계화의 필요성에 대하여 알아본다. 또한 데이터를 활용하는 직업의 세계를 통해 진로교육과의 연계를 하

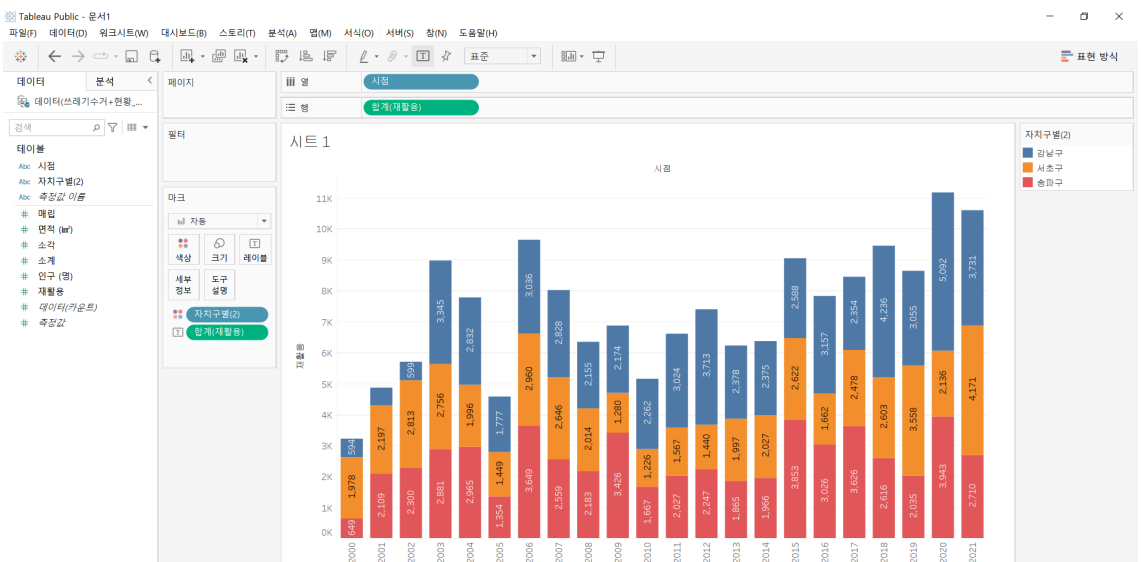


Fig. 3. Line chart of waste data using the Tableau program

고자 한다.

물론 본 연구에서 개발한 프로그램이 기관에서 공개한 공공데이터를 기반으로 하여 여러 가지 형식으로 자료를 변환하고 해석하는 데 초점을 맞추고 있으나 대기 중의 미세먼지에 대한 과학적 개념과 쓰레기 처리와 관련하여 이슈가 되고 있는 플라스틱과 관련한 개념을 학생들이 인지하도록 하였다. 아울러 미래세대 과학교육표준(송진웅 등, 2019)에서 강조하고 있는 일상생활 속 다양한 과학 관련 문제의 이해 및 해결에 참여하고 실천하기 위해 미세먼지와 쓰레기의 대처 방안을 데이터와 연관하여 과학적으로 탐구하고 토의하였다. 그리고 SSI(Socio-Scientific Issue)에서 채택하고 있는 ‘현대 사회 속 넘쳐나는 다양한 데이터들을 과학적으로 이해하고 올바르게 의사 결정하는 능력에의 추구(Zeidler et al., 2005)’와 같은 맥락을 따르기 위해 학생들의 생각 공유와 발표를 중시하였다.

2. 데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램 적용이 과학 탐구 능력에 미치는 영향

과학 탐구 능력은 기초 탐구 능력과 통합 탐구 능력으로 나누어지고 각 학년군마다 강조하는 탐구 능력에는 차이가 있다. 대체로 3~4학년군에서는 기초 탐구 능력의 신장을 추구하고 5~6학년군에서는 통합 탐구 능력의 신장을 추구한다. 이에 본 연구를 수행하면서 프로그램 적용 전과 후 과학 탐구 능력의 변화를 서술할 때, 기초 탐구 능력과 통합 탐구 능력을 분리하여 언급하고자 한다.

데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램은 과학 탐구 능력 중 기초 탐구 능력에 유의미한 영향을 미치지 않았다($t=-2.321, df=60$)(Table 3). 사전 검사 전체 평균 2.36($SD=.821$)에서 사후 검사 전체 평

균 2.50($SD=.887$)로 0.14 상승하였으나 유의수준에 미치지 못하였다. 이러한 결과는 초등학교 과학영재 학생들은 이미 기초 탐구 능력의 역량이 충분히 갖추어진 경우가 많고 프로그램 상에서 특별히 향상시킬 요인이 없으면 기초 탐구 능력에 유의미한 영향을 미치지 않을 수 있다는 선행연구의 결과와 일치한다(고동국과 홍승호, 2021). 하위영역별로 살펴보면 관찰의 경우 사전 검사에서 2.32($SD=.722$)가 사후 검사에서 2.36($SD=.680$)로 미세하게 증가하였고 분류의 경우 2.69($SD=.728$)에서 2.79($SD=.930$)로 0.10 증가하였다. 측정의 경우 2.67($SD=.873$)에서 2.78($SD=.921$)로, 예상의 경우 2.24($SD=.917$)에서 2.29($SD=.838$) 0.05 증가하였다. 추리는 하위영역 중 유일하게 유의미한 영향을 미친 것으로 나왔는데 사전 1.92($SD=.698$)에서 사후 2.28($SD=.789$)로 0.36 증가하였다. 이러한 결과는 어떤 프로그램을 적용하였을 때 학습 주제나 내용에 따라 일부 기초 탐구 능력 하위 영역에만 한정하여 효과가 나타날 수 있다는 선행연구의 결과와 일치한다(홍현정 등, 2015).

이상의 결과로 판단하여 볼 때, 데이터 시각화에 기반한 프로그램은 기초 탐구 능력에 도움이 되지 않는다고 생각할 수 있다. 하지만 데이터의 시각화 과정 자체에는 데이터를 읽고 쓰는 데이터 리터러시 과정이 포함되어 있다는 점을 생각해야 한다. 데이터는 ‘주어진 것(thing given)’을 의미하는 라틴어 ‘datum’의 복수형으로, 계산이나 측정에 기초가 되는 내용이라는 의미를 지닌다(Bowen & Bartley, 2014). 리터러시는 일반적으로 읽고 쓰는 능력을 의미하며, 3Rs(Reading, wRiting, aRithmetic)과도 연관되어 있다. 이 둘을 결합하면 자료를 읽고 쓰는 능력으로 단순하게 생각할 수 있지만 바탕에는 원시 데이터(raw data)에 기반한 정보 추출 및 질문 생성 그리고

Table 3. The result of paired t-test on science basic process skill

기초 탐구 능력	사후		분석 사례 수	t
	사전	사후		
	평균값(표준편차)	평균값(표준편차)		
관찰	2.32(.722)	2.36(.680)	61	-1.946
분류	2.69(.728)	2.79(.930)	61	-2.172
측정	2.67(.873)	2.78(.921)	61	-2.215
추리	1.92(.698)	2.28(.789)	61	-3.476**
예상	2.24(.917)	2.29(.838)	61	-2.069
전체	2.36(.821)	2.50(.887)	61	-2.321

** : p<.01, *** : p<.001.

데이터를 구성하고 결론을 도출하는 일련의 과정이 포함되어 있다(Athanases et al., 2013; Swan et al., 2009). 이는 데이터를 다루는 행위 자체가 관찰하고 분류하고 측정하는 기초 탐구 능력을 담보하고 있으며 그 확장에 도움이 될 수 있다는 의미로 해석 가능하다. 실제로 본 연구에 참여한 3명의 학생은 위의 통계 결과에도 불구하고 기초 탐구 능력 향상에 도움이 될 수 있음을 언급하였다.

이*호: 데이터를 정리하고 여러 가지 기준으로 분류하면서 조금 더 면밀하게 숫자들을 관찰했던 것 같아요.

김*진: 선생님께서 주신 과제 중 내 생활과 관련된 데이터를 과학적으로 측정하고 기록한 것이 생각에 남아요. 저는 그때 하루 먹는 물의 양을 눈금이 그려진 컵으로 매일 계산하면서 마시고 기록했어요. 데이터가 쌓이면서 저만의 규칙성을 찾게 되고 그래프도 그릴 수 있게 되더라고요. 이전 상황에 따라 오늘 얼마 정도 물을 마실지 예측해보곤 해요.

김*우: 쓰레기 관련 데이터 세트를 확인해보고 우리집에서 배출하는 쓰레기 양이 궁금했었어요. 그래서 집에 있는 저울로 쓰레기양을 측정해보곤 했어요.

위의 응답 사례에서 알 수 있듯이 몇몇 학생들은 데이터 시각화를 학습하는 과정에서 기초 탐구 능력에 해당하는 것을 직접적인 활동으로 나타내었다. 자신만의 기준으로 관찰을 하기도 하였으며, 측정 기기를 이용하여 데이터를 수집하는 모습을 보였다. 또한 기존 데이터에 기반한 예상 활동도 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 주로 학생들 개인의 생활 속 데이터 수집과 관련된 활동을 수행하면서 발현된 모습이었다. 하지만 본 연구에서는 무엇보다도 통계 결과에 유의미한 것으로 나타난 추리 관련 응답이 많았다.

이*진: 미세먼지 데이터에 기반하여 궁금한 점이 생겼어요. 서로 인접한 지역인데 왜 미세먼지 수치가 많이 차이나는 것일까요? 데이터와 지도를 함께 보면서 이유를 생각해 보았어요.

정*: 생활 쓰레기 데이터를 확인하면 연도별로 현저하게 차이가 많이 나요. 특히 2020년과 2021년 재활용 쓰레기의 양이 급증했어요. 도대체 무슨 이유로 그랬는지에 대하여 생각하고 신문 기사 자료를 찾아보았어요.

황*평: 히트맵 그래프를 그려보면서 매주 토요일마다 미세먼지 수치가 높았던 것을 알 수 있었어요. 토요일마다

미세먼지가 안 좋았다니 놀러 나가기 힘들었을 것 같
은데 왜 그랬을까요?

김*문: 2020년 미세먼지 수치가 2019년에 비하여 감소했어요. 친구들과 이유에 대하여 토론하면서 날씨와 관련
된 것으로 생각하고 정확한 원인을 찾아보았어요.

학생들은 데이터를 살펴보고 문제의 원인을 생각하고 찾아보는 추리 활동을 하고 있었다. 오직 데이터를 확인하고 시각화하는 과정에서 직관적으로 드러난 문제점을 언급한 것으로 데이터를 통한 문제 원인과 해결책 발견이라는 데이터 과학(Data Science)의 순기능적인 방향성과 맥락을 같이한다고 볼 수 있다(Önger & Çetin, 2018). 데이터 시각화 작업 역시 정보를 쉽게 전달하고 그 정보 속에 숨겨진 이면과 또 다른 정보에 대한 식견을 높이는데 의의가 있기에 추리 활동을 촉진시키는 본 프로그램의 개발과 적용은 지식정보처리 역량의 함양을 강조하는 2022 개정 교육과정과도 연관성이 있다고 볼 수 있다(곽영순과 신영준, 2021).

한편, 통합 탐구 능력은 기초 탐구 능력과 비교할 때 고차원적인 사고 능력에 해당하며 복잡한 단계 성과 정신적인 조작 능력을 요구한다(김영신 등, 2012). 또한 자유탐구를 통한 과학의 본질적인 연구 활동을 체험하게 하는 주요 탐구 능력으로 실험 데이터를 다루고 이를 나타내는 측면에서 데이터 시각화를 도구적으로 활용할 수 있는 성격을 가지고 있다. 데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램은 과학 탐구 능력 중 통합 탐구 능력에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다($t=3.915$, $df=60$) (Table 4). 사전 검사 전체 평균 1.84($SD=.882$)에서 사후 검사 전체 평균 2.25($SD=.871$)로 0.41 증가하였다. 이는 선행연구에서 데이터를 수집하고 해석하며, 다른 사람에게 설명 가능한 자료를 만드는 일련의 과정이 통합 탐구 능력과 종합적 과학 문해력을 기르는데 도움을 줄 수 있다는 연구 결과와 맥락을 같이한다(정인진과 박경애, 2022). 하위영역별로 살펴보면 자료변환의 경우 사전 검사 결과 1.62($SD=.733$)에서 사후 검사 2.26($SD=.674$)로 0.64 증가한 것을 알 수 있었고 유의미한 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 이는 통합 탐구 능력 하위영역 중 통계적으로 가장 큰 폭으로 점수가 변화한 것이며 유의미한 결과이다. 또한 이어서 변환한 자료를 해석하는 능력인 자료해석의 경우 사전 검사 결과 1.99

Table 4. The result of paired t-test on science integrated process skill

통합 탐구 능력	사건		분석 사례 수	t
	평균값(표준편차)	사후 평균값(표준편차)		
자료변환	1.62(.733)	2.26(.674)	61	-4.772***
자료해석	1.99(.728)	2.59(.793)	61	-4.372***
가설설정	1.67(.873)	1.89(.921)	61	-2.745
변인통계	1.92(.668)	2.30(.738)	61	-3.782**
일반화	2.04(.977)	2.21(.838)	61	-2.401
전체	1.84(.882)	2.25(.871)	61	-3.915***

p<.01, *p<.001

(SD=.728)에서 사후 검사 결과 2.59(SD=.793)으로 0.60 증가하였고 하위 영역 중 자료변환에 이어서 두 번째로 높은 폭의 변화와 유의미한 영향을 미친 것으로 나타났다. 실제로 자료변환과 자료해석은 초등학교 과학과 교육과정에서 같은 차시로 함께 학습하도록 하고 있고 교과서도 함께 집필되어 있다(교육부, 2015). 미래세대 과학교육 표준에서는 자료 변환과 자료해석을 다음과 같이 서술하고 있다. ‘관찰이나 특정으로 얻은 자료를 기록하고 해석하거나 다양한 형태로 변환할 수 있는 능력으로 자료의 규칙성을 하나의 관점에서 이해하기, 자료를 그림이나 말로 나타내기, 자료의 규칙성을 복합적 관점에서 이해하기, 자료를 문제 상황에 맞는 형태로 변환하기 등이 있다(KSES, 2019).’ 이러한 서술에는 수집한 데이터를 기록하여 적절한 형태의 시각화 자료로 변형하고 필요할 경우 복잡한 예측과 추론이 포함된 데이터적 소양을 갖추는 것을 목표로 설정하고 있다고 볼 수 있다. 학생들의 경우 자료변환과 자료 해석에 해당하는 역량 함양에 대하여 다음과 같이 느낀 점을 응답하였다.

김*상: 그래프의 종류가 이렇게 다양한지 몰랐어요. 그리고 데이터를 어떻게 효율적으로 정리하면 되는지도 알았어요. 특히 데이터를 세로로 정렬하면서 정리하는 방법이 기억에 남아요. 그 후 알게 된 데이터 세트 모두 세로로 정리된 것을 알았어요. 뭔가 데이터를 읽는 데 편리한 방법 같아요.

조*진: 미세먼지 데이터 중 봄철 자료만 뽑아서 같은 조 친구들과 분석했던 일이 기억에 남아요. 처음 데이터 세트를 봤을 때 숫자도 많고 복잡해 보였는데 필요한 것만 골라서 뽑으니 편리하고 분석도 쉬운 것 같았어요.

우*형: 지금 우리가 살아가는 세상에 많은 그래프들도 내가 실습한 것처럼 데이터를 수집하고 정리하고 그런 과

정에서 그린 것이겠죠?

김*호: 테블로를 활용해 데이터를 입력하고 간단한 라인 차트, 막대 차트 그리는 것은 확실하게 할 수 있을 것 같아요. 사실 예전에 엑셀로 잘할 줄 몰랐거든요. 그런데 테블로로 배우니 자신감도 생기고 과학전람회와 같은 대회도 나갈 수 있을 것 같아요.

학생들은 자료변환에 대한 개념을 어느 정도 이해한 듯한 반응이 많았다. 대체로 테블로를 활용하여 데이터 시각화를 하고 그에 필요한 자료를 정리하는 과정에서 획득한 것으로 보였다. 특히 데이터를 입력하고 정리하고 시각화하는 과정에 대한 자신감 상승이 눈에 띄게 보였고 학생들은 과학 탐구 능력 함양과 함께 정의적 영역의 발달을 피력하였다. 김*호 학생의 응답이 인상적이었는데 테블로를 활용한 자료변환 과정으로 자신감과 함께 향후 과학 활동이라고 할 수 있는 과학전람회 출전 의지를 함께 언급하였다. 과학전람회의 경우 학생들로 하여금 자연 현상이나 과학적 원리에 대하여 오랜 시간 동안 깊이 있는 탐구 수행을 요구하고 그 과정에서 자료 수집과 변환, 해석 그리고 발표를 위한 데이터 시각화가 필요하다(김은하와 권혁순, 2016). 그런 만큼 본 프로그램의 적용을 통해 과학 탐구 능력 전반과 데이터 처리 관련 능력 전반에 대한 개인적 역량 상승이 이루어진 것으로 해석할 수 있다. 이와 더불어 학생들은 자료해석에 대한 의견과 느낀 점을 다음과 같이 응답하였다.

김*훈: 라인차트를 그리고 추세선에 대하여 처음 알게 되었어요. 아직 추세선을 어떻게 그릴 수 있는지는 모르지만 선생님께서 데이터의 전체적인 증가와 감소를 알 수 있게 해주는 것이라고 했어요. 그렇게 생각하니 데이터가 어떤 상태에 있는지 이해를 잘 할 수 있게 되

었어요.

백*호: 추세선에 대하여 더 알고 싶어요. 테블로에서 추세선을 선택할 때 다양한 함수가 있었어요. 데이터에 따라 선택해야 하는 것이 다른데 뭐가 더 좋은지 구별할 수 있었으면 좋겠어요. 그리고 추세선이 있으니 자료를 보고 어떤 상황에 있는지 잘 설명할 수 있었어요.

최*연: 예측선을 활용하여 데이터가 앞으로 어떻게 변할지 알게 된 것이 신기했어요. 앞의 데이터를 활용해서 뒤에 어떻게 될지 예측할 수 있다는 것이 인공지능의 주요 기능인지도 이번에 처음 알았어요. 예측선이 있으니 앞으로 일어날 일에 대한 설명을 잘 할 수 있게 된 것 같아요.

이*희: 예측선을 선택할 때 모델 설정을 하는데 모델에 대한 것을 자세히 배우고 싶어졌어요. 예측선을 활용해서 조금 더 자세한 설명이 가능해진 것 같아요.

학생들은 데이터를 설명하는데 필요한 추세선과 예측선의 유용성을 언급하고 있었다. 비록 초등학생 수준에서 어떻게 추세선과 예측선이 그려지고 모델 설정을 어떠한 방식으로 해야 하는지 수학적 이해가 부족했지만 데이터의 전체 경향성의 측면과 설명 가능한 자료의 측면에서 그 가치를 이해하고 있었다. 특히 일부 초등학교 과학영재 학생은 모델 선택 메커니즘을 궁금해 하는 모습을 보였으며, 자세한 설명을 하지 못한 프로그램 적용 상황이 오히려 영재 학생들의 지적 호기심을 자극한 모습이었다. 이를 수업 시간에 잘 활용하면 일반 학생과 비교할 때 과학적 태도의 향상이 월등하게 나타날 수 있다는 선행연구(조현철, 2023)의 결과를 얻을 수 있을 것이다. 하지만 최*연 학생의 응답에서와 같이 추세선과 예측선이 나타내는 결과를 과대 해석하거나 맹신하는 태도를 보이면서 일반화를 성급하게 해서는 안 되며 이에 대한 충분한 교사의 부연 설명과 지도가 필요할 것으로 보인다. 또한 일부 학생들은 자료해석을 위한 기초 통계 및 시각화 도구의 유용성에 대하여 다음과 같이 언급하였다.

권*: 테블로에서 제공하는 평균과 중간값, 최대값, 최소값 기능이 데이터를 더 잘 알 수 있게 도와주었어요. 친구들한테 좀 더 설명을 잘한 것 같아요.

박*연: 테블로 데이터 시각화 기능 중에 다양한 색 채우기 기능이 좋았던 것 같아요. 마우스 클릭 몇 번으로 그래프 색을 바꾸고 내가 원하는 강조지점을 표시할 수 있더라고요. 이것이 데이터를 알려주는 데 도움이 된 것 같아요.

태*우: 그래프 속성값을 통해서 최대/최소, 평균/중간의 수치를 너무나 쉽게 나타낸 것이 인상 깊었어요. 수업시간이나 과학 실험 데이터를 정리하고 해석할 때 잘 사용할 수 있는 기능 같아요.

테블로의 장점은 워크시트에서 데이터 요소와 기초 통계를 손쉽게 드래그를 통해 얻을 수 있다는 점이다. 기존 엑셀과 기타 통계 프로그램보다 조작적 능력을 덜 요구하며 학생들에게는 부담이 적은 것으로 받아들여질 수 있다. 실제 응답에서 학생들은 이러한 편리성에 바탕하여 자료해석의 유용성을 언급하였다. 이는 Cromley *et al.*(2010)의 선행연구에서 언급한 것과 같이 표와 그래프에 부가적인 데이터 해석 요소인 기초 통계 및 데이터 간의 관계를 살펴볼 수 있는 정보를 추가한다면 데이터 평가와 해석에 도움을 줄 수 있다는 것을 드러낸다.

변인통제는 사전 검사 결과 1.92(SD=.668)에서 사후 검사 결과 2.30(SD=.738)로 0.38 증가하였고 유의수준 $p<.01$ 에서 유의미한 것으로 나타났다. 변인통제는 전통적으로 통합 탐구 능력 중 탐구문제의 인과관계를 밝히는 데 필수적인 능력이다(한효순 등, 2002). 하지만 우리나라 학생들의 변인통제 능력은 타국의 학생들보다 많이 뒤떨어지는 것으로 조사되었으며(김희진과 김희수, 2012), 과학영재 학생이라고 해서 크게 상황이 다른 것은 아니다(Pearsall, 1999; Rozencwajg, 2003). 본 연구에 참여한 학생들은 변인통제에 대하여 다음과 같이 응답하였다.

최*우: 인구수 대비 쓰레기 배출의 양을 알아보기 위하여 인접 지역의 인구수를 같게 만들고 쓰레기 배출량을 새로 계산하여 데이터 시각화를 해보았어요. 그랬더니 현재의 문제점이 더 잘 보이는 것 같았어요.

김*빈: 도시마다 미세먼지 데이터가 차이나는 것에 의문점이 생겨서 선생님이 내주신 과제에 추가하여 조사해보았어요. 사는 사람이 몇 명인지, 보유한 자동차의 대수는 몇 대인지, 고층 빌딩의 수는 몇 개인지 알아보았어요. 그리고 새롭게 그래프를 그리니 좀 더 원인을 명확하게 알 수 있었어요.

유*진: 새로운 조건에 따라 새로운 시각화를 해보니 자료에 대하여 알기가 더 쉬워졌어요.

학생들은 데이터 시각화를 위한 데이터를 살펴 보면서 문제 상황에 대한 원인을 찾기 위해 새로운 조건에 대한 데이터를 검색하였고 추가적인 상황에 맞게 분석 및 데이터 시각화를 수행하였다. 인접 지

역 및 문제 상황에 대한 조건을 동등하게 맞추고 과학적인 탐구 활동을 한 것이다. 물론 이러한 분석 상황이 실험을 설계하고 수행하는 방식의 과학 교과에서의 변인통제 방식과는 조금 차이가 있다. 하지만 학생들 스스로 갖게 만들어야 할 조건에 대하여 생각하고 탐색하고 설명 가능한 데이터 시각화 자료를 제작하는 것은 충분히 과학적인 분석 방식이라고 평가할 수 있다. 여기서 의문이 가는 점은 새로운 조건을 생각하여 자료를 찾고 적용하는데 변인통제와 더불어 가설설정이 연관 있다고 할 수 있는데, 하위영역 중 가설설정의 경우 평균은 사전 검사 1.67(SD=.873)에서 사후 검사 1.89(SD=.921)로 0.22 상승했으나 유의미한 결과를 내지 못한 점이다. 이와 같은 결과는 가설설정 과정이 학생들에게 어려움을 주는 과학 탐구 단계이며(엄경화와 김영수, 2012), 탐구 설계 단계 중 변인통제와 가설설정을 혼동하는 학생이 있다는 선행연구 결과가 반영된 것으로 해석할 수 있다(신현화와 김효남, 2010). 실제로 위의 응답에서 새로운 조건에 대하여 여러 가지 이야기를 했던 김*빈 학생의 경우 어떠한 가설을 설정하였는지에 대한 질문에 가설개념 자체에 대한 올바른 진술을 하지 못하였고, 가설설정의 필요성과 의의에 대한 인식도 부족하였다. 따라서 가설 설정에 대한 교육과 탐구 학습에서 중요성에 대한 강조는 앞으로 남은 숙제라고 할 수 있다.

3. 데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램 적용이 창의적 문제해결력에 미치는 영향

창의적 문제해결력은 과학영재 교육에서 중요한 교육 목표이다. 이는 과학영재가 사회적 인재로 성장

한다면 향후 여러 가지 문제를 창의적으로 해결하는데 기여할 수 있기 때문이다(김도연과 전영석, 2020).

데이터 시각화에 기반한 과학 학습 프로그램은 창의적 문제해결력에 유의미한 영향을 미쳤다($t = -4.925, df=60$)(Table 5). 사전 검사 전체 평균 2.94(SD=.893)에서 사후 검사 전체 평균 3.54(SD=.835)로 0.60 증가하였다. 이는 여러 선행연구에서 과학영재를 위한 학습 프로그램이 창의적 문제해결력 향상에 유의미한 영향을 미친 것과 맥락을 같이한다(강호감과 김태훈, 2014; 김권숙과 최선영, 2012). 그리고 4개의 하위영역 모두에서 평균의 증가와 유의미한 결과를 나타내었다. 특정 영역의 지식·사고, 기능·기술의 이해 및 숙달 여부 영역은 가장 증가폭이 큰 것으로 나타났는데 사전 2.92(SD=.618)에서 사후 3.68(SD=.778)로 0.76 증가하였다. 확산적 사고는 사전 2.99(SD=1.228)에서 사후 3.58(SD=1.093)으로 0.59 증가하였으며 동기적 요소는 사전 3.12(SD=.785)에서 사후 3.68(SD=.617)로 0.56 증가하였다. 비판적 논리적 사고는 사전 2.74(SD=.807)에서 사후 3.21(SD=.717)로 0.47 증가하였다. 학생들은 창의적 문제 해결력 증가와 아래와 같은 응답을 하였다.

김*윤: 모둠 활동을 통해 친구들과 함께 그래프를 그리고 데이터를 분석하는 과정이 좋았어요. 잘 이해가 되지 않는 부분도 서로 협력하고 대화하면서 알게 된 것 같아요.

정*진: 조사활동을 친구들과 함께하고 잘 모르는 것을 친구에게 물어보기도 하면서 더 친해진 것 같아요. 또 생각도 잘 나는 것 같고 어려운 문제도 협력하니 좋은 아이디어가 떠오르기도 했어요.

이*윤: 모둠 활동에서 한 친구가 역할 분담을 해서 하자고 제안했고 우리는 그렇게 했어요. 그리고 서로 토의하면

Table 5. The result of paired t-test on creative problem solving ability

창의적 문제 해결력	사전	사후	분석 사례 수	t
	평균값(표준편차)	평균값(표준편차)		
특정 영역의 지식·사고 기능·기술의 이해 및 숙달 여부	2.92(.618)	3.68(.778)	61	-5.844***
확산적 사고	2.99(1.228)	3.58(1.093)	61	-4.842***
비판적 논리적 사고	2.74(.807)	3.21(1.038)	61	-3.336**
동기적 요소	3.12(.785)	3.68(.617)	61	-4.378***
전체	2.94(.893)	3.54(.835)	61	-4.925***

** $p < .01$, *** $p < .001$

서 미세먼지 데이터에 대한 새로운 생각을 더 했어요. 특히 그래프를 그릴 때 질하는 분야가 친구들끼리 달라 분담을 했더니 전혀 생각하지 못했던 것이 떠올랐어요.

학생들의 창의적 문제해결력은 위의 응답과 같이 서로 토의하고 협력하는 과정에서 많이 발휘되었다. 테블로 프로그램의 활용의 경우 아무리 쉬운 프로그램 구조를 가지고 있다고 해도 처음 사용하는 학생들은 어렵게 생각할 수 있다. 하지만 대부분의 학생은 서로 돕고 협력하면서 모르는 부분을 채워갔고 이내 적응하여 창의적인 새로운 아이디어를 발산하였다. 특히 학생들의 응답은 창의적 문제 해결력의 하위영역 중 동기적 요소와 확산적 사고에 많은 도움을 준 것으로 판단되었는데, 모둠 활동을 기반으로 한 탐구학습이 과학영재의 학습 동기와 창의성에 영향을 미친다는 선행연구 결과와 일치한다(진영훈과 손정우, 2011). 또한 협동학습이 학생의 학습 역량을 강화하고 확산적이고 발산적인 사고와 상황 대처의 유용하다는 결과는(김희배, 2012) 영재 학생들을 교육할 때에 협력과 토의의 장점을 충분히 드러낸 본 연구 결과와 같은 맥락이다.

한편, 학생들은 기본적인 데이터 다루는 실습과 데이터 시각화 이론을 학습하는 과정에서 알게 된 지식이 향후 창의적인 문제를 해결하는데 도움이 되는 점을 아래와 같이 응답하고 있었다.

윤*하: 데이터 시각화 이론을 통해 새로운 점을 많이 알게 되었어요. 예를 들어, 그래프를 그릴 때 어느 부분을 강조해서 나타내야 하는지, 여러 가지 속성이 겹치면 안 좋은 점, 눈에 띄는 색상 조합 같은 것이예요. 이 부분에 대하여 미리 알고 있으니 나중에 새로운 그래프 그리는 것에 어려운 점이 줄어들었어요.

이*수: 저는 처음부터 선생님 말씀을 잘 듣고 차근차근 공부했어요. 평소 관심있던 것이기도 했고 나중에 과학 탐구할 때 유용하게 쓸 수 있을 것 같았어요. 처음에는 어려웠는데 집에서 복습을 철저히 하니 쉽게 할 수 있게 되었답니다. 그리고 친구들과 토의할 때 적극적으로 의견을 낼 수 있었어요.

위의 응답 결과에서와 같이 과제수행 및 학습 과정에서 훈련과 성장은 성공적인 성취에 귀인할 수 있으며, 어려운 과제에도 과감하게 도전하는 모습을 보여 창의적인 문제 해결력에 도움을 준다(Wolters, 2003). 본 프로그램에는 학생들의 응답에서 볼 수 있

는 것과 같이 시각화 이론에 대하여 심층적으로 이해할 수 있는 내용과 기초적인 데이터 역량을 기를 수 있는 차시가 존재한다. 이 차시의 내용을 충실하게 학습하고 자신의 내적 이론 형성에 도움이 되도록 하였다면 향후 활동에 자신감이 생기고 창의적 문제해결력 발산에 도움이 되었으리라고 해석할 수 있다. 반대로 기능적인 측면에서 숙달이 덜 된 학생들은 아래와 같이 응답을 하였다.

여*영: 컴퓨터로 무엇인가를 다루는 것 자체가 너무 힘들었습니다. 다른 친구보다 손이 느리니 따라가기 힘들었고 생각도 막혀있는 것 같았어요.

김*수: 선생님은 어릴 적에 잘 했었나요? 저는 솔직히 너무 어려웠어요. 친구들과 함께 토의에도 잘 참여하지 못하고 의견도 거의 안 냈어요. 자신감이 부족했었나봐요.

위의 학생들은 자신의 기능적 측면의 미숙으로 인하여 학습에 따라가기 힘들고 자신감도 떨어졌다고 이야기하였다. 그리고 친구들과의 토의에도 잘 참여하지 못하고 아이디어 생성에도 어려움을 겪었다. 따라서 학생들에게 생소한 도구나 주제를 도입할 때 철저한 사전교육이 필수이며 어려움이 있을 것으로 예상되는 학생에 대한 대비가 필요할 것이다.

일반적인 데이터 관련 학습은 학생들에게 절차적 사고와 논리적 사고를 함양시키는 데에 도움을 준다. 아울러 수많은 지식과 정보 중에 필요한 정보를 선별하여 해석하는 데에 활용되기도 한다(심상덕과 김현정, 2023). 본 연구의 데이터 시각화 교육 프로그램은 논리적 사고 함양에 도움이 되었으며 학생들과 이와 같은 응답을 하였다.

김*빈: 데이터를 시각화하는 과정으로 자료가 가진 문제점 그리고 우리가 생각할 수 있는 해결책을 찾을 수 있었습니다.

김*은: 해마다 증가하는 미세먼지와 계절별로 다른 농도의 특징을 파악하여 문제점의 원인을 생각해 볼 수 있었어요.

윤*복: 그래프를 새롭게 그리려면 일정한 순서가 있더라고요. 먼저 축을 설정하고 알맞은 형식을 정하고, 이럴 때 일정한 규칙성을 찾아서 새로운 것에 적용해보았어요.

IV. 요약 및 제언

본 연구는 데이터 시각화에 기반한 과학 학습이 초등학교 과학영재 학생들의 과학 탐구 능력과 창의적 문제해결력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 수행되었다. 우선 연구자는 연구자가 지도한 3개 학급 과학영재반 학생 61명을 대상으로 연구를 설계하였다. 연구 대상의 학년과 환경적인 특성에 맞게 과학 탐구 능력 및 창의적 문제해결력 검사지를 수정하여 사용하였으며, 대표적인 데이터 시각화 프로그램인 테블로를 주로 사용하였다. 개발된 프로그램은 12차시 분량으로써 기본적인 데이터 실습과 데이터 시각화 이론 확인, 미세먼지 데이터에 기반한 테블로 기초 기능 학습, 쓰레기 처리 데이터를 활용한 과학적 해결방안 탐색, AI 시대의 데이터 인식 등과 같은 세부 주제를 탐구할 수 있도록 구성하였다. 이 과정에서 라인차트, 막대 그래프, 히트맵 그래프, 지도 기반 그래프 등의 실습을 하였고 추세선과 예측선에 대한 내용도 학생들과 실습해 보았다.

연구 결과 데이터 시각화 기반한 과학 학습을 수행하면서 기초 탐구 능력에 해당하는 하위영역은 초등학교 과학영재 학생들에게 유의미한 영향을 미치지 못하였다. 사전 전체 평균 2.36에서 사후 전체 평균 2.50 상승하였으나 유의수준 내에서 통계적으로 의미를 가지지 못하였다. 하지만 추리 영역은 기초 탐구 능력 중에 유일하게 유의미한 결과를 가졌는데, 학생들의 주요 활동 중 하나인 데이터에 기반하여 문제의 원인을 찾아보고 고찰하는 것의 반복적 연습과 학습으로 해당 하위영역의 발달에 영향을 미친 것으로 해석되었다. 예를 들어 시각화한 자료에서 보이는 급격한 변화에 관심을 가져 원인을 탐구하고자 하는 정*과 김*문 학생의 태도에서 분명히 확인할 수 있었다. 통합 탐구 능력은 기초 탐구 능력과 달리 통계적으로 유의미한 것으로 나타났는데 사전 전체 평균 1.84에서 사후 전체 평균 2.25로 상승한 모습을 보였다. 하위영역 중에서는 자료 변환, 자료해석, 변인통제 영역이 유의미한 것으로 확인되었다. 하지만 가설설정과 일반화는 유의미한 결과를 나타내지 못하였는데, 가설설정의 경우 일부 학생이 변인통제 과정과 혼동을 하였으며 가설설정에 대한 개념 자체가 부족한 것으로 나타났기에 이러한 결과가 나타난 것으로 보았다. 하지만 백*호, 최*연, 이*희 학생의 대답에서 알 수 있는 것과 같

이 초등학생 수준에서 어려운 내용일 수 있는 추세선과 예측선에 대한 관심과 이를 통한 데이터 기반 해석 능력의 발전은 주목할 부분이었다.

창의적 문제해결력에 미치는 영향은 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 사전 전체 평균 2.94에서 사후 전체 평균 3.54로 큰 폭으로 상승하였으며 창의적 문제해결력을 구성하는 4개의 하위영역도 모두 유의미한 것으로 확인되었다. 그중 특정 영역의 지식·사고, 기능·기술의 이해 및 숙달 여부 영역이 가장 증가폭이 컸으며, 확산적 사고, 동기적 요소, 비판적 논리적 사고의 순이었다. 학생들은 과제 수행 및 학습 과정에서 데이터 시각화와 그 활용에 대한 훈련과 성장을 하였고 함양된 역량을 바탕으로 창의적 문제해결력 신장에 기인하였다. 또한 데이터를 다루고 해석하는 일련의 과정에 참여한 질차적 사고를 통해 논리적 사고와 확산적 사고가 발달한 것으로 나타났다.

21세기 사회의 문맹은 단순히 읽고 쓸 줄 모르는 사람을 의미하지 않는다. 새로운 정보를 학습하지 못하는 사람이나 정보 사회의 필수적 역량을 갖추지 못하는 사람이야말로 미래 사회에서의 문맹이라고 할 수 있다(Önger & Çetin, 2018). 따라서 실시간으로 쏟아지는 방대한 양의 데이터를 선별하고 조직하며 올바르게 시각화할 수 있는 능력은 장차 미래사회의 주역이 될 학생들에게 필수적인 역량이라고 볼 수 있다. 실제로 우리 주변의 여러 가지 사회 현상은 표, 그래프 등 각종 시각적 데이터를 활용하여 보다 풍부하게 제공되고 있으며, 심지어 상품 광고나 사회적 주장에까지 데이터 시각화가 널리 활용되고 있는 현실이다(Shreiner, 2018). 이러한 사회적 요구와 분위기에 본 연구를 시작되게 되었고 학생들의 데이터 시각화 역량을 끌어올리기 위하여 프로그램 개발과 적용을 하였다. 또한 시각화를 통해 새로운 패턴을 발견하고, 부적절하거나 오도된 방법 사용을 감지하는(Hattwig *et al.*, 2013) 데이터 리터러시의 광범위한 의미확장의 결과로서 본 연구가 가지는 의의는 크다고 할 수 있다.

전통적으로 과학 교과에서는 학생들이 실험을 통해 데이터를 산출해내고 가공하여 통계적인 절차를 통한 분석이나 그에 대한 해석을 중요하게 생각하였으며 표와 그래프를 통한 시각화로 새로운 과학적 경향성을 찾는 데에 중점적으로 지도를 하였다(Prado & Marzal, 2013). 이러한 관점에 따르면 과학

적인 데이터를 읽고 해석하는 차원을 넘어서는 통찰력을 지향한다고 할 수 있으며 이는 데이터 시각화와와의 접점을 추구할 수 있는 배경이 된다. 따라서 장차 미래지향적인 새로운 과학교육의 추구를 위한 다면 데이터 시각화에 대한 활발한 연구와 학습자료 개발, 적극적인 학습에서의 활용이 필요할 것이다. 또한 수학 및 정보 교과와의 연계를 통해 교육과정 내에서 교과 간 통합과 협력이 이루어질 수 있도록 환경 조성이 필요할 것이다.

본 연구는 태블로의 기본 기능을 활용하며 초등학교 과학영재 학생들에게 적용한 것이다. 연구 대상인 초등학교 6학년은 과학영재 학생들이긴 하지만 구체적 조작기와 형식적 조작기의 전환 단계에 있는 학생이 다수이다. 따라서 고도의 추상화 능력과 복잡한 데이터의 해석 및 시각화 적용에 대한 한계가 있었다. 그리고 난이도가 높은 수학적 개념을 포함하여 설명하기에도 어려운 점이 많았다. 이와 같은 현실적인 한계점을 극복하기 위하여 상위학년, 학교급에 적용 가능한 프로그램 개발과 보급이 필요할 것이다. 만약 가능하다면 코딩 교육과의 연계도 생각하여 태블로 이외의 다른 프로그램의 활용과 비교하는 것도 미래인재 양성의 측면에서 유용할 것이다.

마지막으로 개정 교육과정 총론에 등장하는 지식정보처리 역량을 데이터 시각화와 접목한 재개념화로 확장하여 광의의 의미로 제시할 수 있을 것이라 생각된다. 지식정보처리 역량은 학습과 삶 등에서 직면하게 되는 문제를 해결하기 위하여 다양한 정보와 자료를 수집, 분석, 평가, 선택하고 적절한 매체를 활용하여 지식과 정보와 자료를 효과적으로 처리함으로써 합리적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 의미하는데(손미현 등, 2018), 이를 데이터 시각화와 연관시킬 수 있을 것으로 기대한다. 이를 통해 과학과 핵심 역량의 확장과 교과 통합의 가능성을 조금 넓게 열어둔다면 미래형 교육과정 개발과 비전 설정에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것이다.

참고문헌

강설주, 박관우, 배영권(2022). 데이터 시각화를 적용한 클라우드 기반 곱셈구구 연습 애플리케이션 개발. 정보교육학회논문지, 26(4), 285-293.
강인애, 이재경, 김미수(2014). 데이터 시각화를 활용한

미술수업에서의 시각적 문해력 증진. 조형교육, 49, 1-28.
강호감, 김태훈(2014). 초등과학영재의 창의적 문제해결력 향상을 위한 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발. 영재교육연구, 24(6), 1025-1038.
고동국, 홍승호(2021). 문제중심 기반 STEAM 현장체험학습 프로그램이 초등과학 영재의 과학 탐구 능력, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 40(1), 113-125.
곽영순, 신영준(2021). 2022 개정 교육과정에 대비한 과학과 통합과학 및 과학탐구실험 교육과정 개선 방안 탐색. 과학교육연구지, 45(2), 143-155.
교육부(2015). 2015 개정 과학과 교육과정. 세종: 교육부.
교육부(2020). 과학·수학·정보·융합 교육 중 과학교육 종합계획 보도자료(2020년 5월 26일).
교육부(2021) '2022 개정 교육과정' 총론 주요사항 보도자료(2021년 11월 24일).
권재술, 김범기(1994). 초·중학생의 과학 탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
김권숙, 최선영(2012). 과학기반 STEAM 프로그램이 초등과학 영재 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 31(2), 216-226.
김도연, 진영석(2020). 과학 독서록을 통한 초등과학영재의 창의적 문제해결력 분석. 과학영재교육, 12(1), 49-62.
김명신, 조영환, 금선영(2023). 탐구학습에서 가설 생성과 평가를 위한 데이터 시각화의 효과와 난점. 교육정보미디어연구, 29(1), 175-199.
김민정(2021). 초등학생을 위한 데이터 시각화 리터러시 교육 방안 연구. 한국디자인리서치, 6(1), 294-305.
김영신, 권용주, 김용진, 김희백, 서혜애, 손연아, 정은영, 정진수, 차희영(2012). 생명과학교육론. 파주: 자유아카데미.
김은하, 권혁순(2016). 과학전람회에 참여하는 초등학생들의 경험에 관한 현상학적 연구. 한국과학교육학회지, 36(1), 113-123.
김정아, 김민규, 김용민, 유혜진, 김종훈(2019). 파이썬을 활용한 데이터 시각화 교육이 초등학교 6학년 학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 효과. 정보교육학회논문지, 23(3), 197-206.
김희진, 김희수(2012). 중학교 과학교육에서 변인통제 능력 향상 프로그램 적용 효과. 과학교육연구지, 36(2), 251-262.
두경일(2016). 빅데이터의 효과적 시각화를 위한 인포그래픽 연구. 커뮤니케이션디자인학회연구, 55, 151-162.
손미현, 정대홍(2020). 지식정보화 사회에서의 과학탐구 교육 방향성 탐색. 현장과학교육, 14(3), 401-414.
손미현, 정대홍, 손정우(2018). 지식정보처리역량 관점에

- 서 중학생들의 과학탐구활동 어려움 분석. 한국과학교육학회지, 38(3), 441-449.
- 송진웅, 강석진, 곽영순, 김동건, 김수환, 나지연, 도종훈, 민병곤, 박성춘, 배성문, 손연아, 손정우, 오필석, 이준기, 이현정, 임혁, 정대홍, 정종훈, 김진희, 정용재 (2019). 미래세대를 위한 '과학교육표준'의 주요 내용과 특징. 한국과학교육학회지, 39(3), 465-478.
- 신현화, 김효남(2010). 초등학교 과학과 자유탐구 활동에서 교사와 학생이 겪는 어려움 분석. 초등과학교육, 29(3), 262-276.
- 심상덕, 김현정(2023). 데이터 리터러시로서의 정량적 사고력 증진을 위한 대학 교양교육 운영 방안. 교양교육연구, 17(2), 185-195.
- 엄경화, 김영수(2012). 고등학생의 과학적 가설에 대한 인식과 가설 설정 능력 조사. 생물교육, 40(3), 357-366.
- 우지선, 김갑수(2022). 초등학교 3학년 학생들을 위한 데이터 시각화 교육 프로그램 개발 및 적용. 정보교육학회지, 26(6), 481-490.
- 정은영(2008). Squeak Etoys 기반정보교육이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 정인진, 박경애(2022). 공공 플랫폼 기반 중학교 과학 교과서 해양 조석 데이터 시각화 탐구 활동 개발. 현장과학교육, 16(4), 518-535.
- 조현철(2023). 과학태도 검사의 타당화: 과학영재학생과 일반학생의 비교. 영재와 영재교육, 22(1), 83-106.
- 진영훈, 손정우(2011). 팀기반학습이 영재학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 영재교육연구, 21(3), 703-718.
- 한국교육개발원(2001). 간편 창의적문제해결력검사개발 연구(I). 서울: 한국교육개발원.
- 한효순, 최병순, 강순민, 박종윤(2002). '생각하는 과학' 프로그램의 변인활동이 초등학생의 변인 통제 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 22(3), 571-585.
- 홍옥수, 김경미, 이재영, 김울(2022). 지능형 과학실의 개념과 특징. 한국과학교육학회지, 42(2), 177-184.
- 홍현정, 배진호, 소금현(2015). STEAM 기반 야외체험학습 프로그램이 초등학생의 과학탐구능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 생물교육, 43(4), 344-354.
- Athanases, S. Z., Bennett, L. H., & Wahleithner, J. M. (2013). Fostering data literacy through preservice teacher inquiry in English language arts. *The Teacher Educator*, 48(1), 8-28.
- Azzam, T., Evergreen, S., Germuth, A., & Kistler, S. (2013). Data visualization and evaluation. *New Directions for Evaluation*, 2013(139), 7-32.
- Börner, K., Adam, M., Russell, N. B., & Joe, H. (2016). Investigating aspects of data visualization literacy using 20 information visualizations and 273 science museum visitors. *Information Visualization*, 15(3), 198-213.
- Bowen, M., & Bartley, A. (2014). *The basics of data literacy: Helping your students (and you!) make sense of data*. Arlington, VA: National Science Teachers Association.
- Cromley, J. G., Snyder-Hogan, L. E., & Luciw-Dubas, U. A. (2010). Cognitive activities in complex science text and diagrams. *Contemporary Educational Psychology*, 5, 59-74.
- Deluca, V. W., & Lari, N. (2011). The GRID C Project: Developing students' thinking skills in a data-rich environment. *Journal of Technology Education*, 23(1), 5-18.
- Epp, C., & Bull, S. (2015). Uncertainty representation in visualizations of learning analytics for learners: Current approaches and opportunities. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(3), 242-260.
- Erwin Jr, R. W. (2015). Data literacy: Real-world learning through problem-solving with data sets. *American Secondary Education*, 18-26.
- Hattwig, D., Bussert, K., Medille, A., & Burgess, J. (2013). Visual literacy standards in higher education: New opportunities and student learning. *Libraries and Academy*, 13(1), 61-89.
- KSES. (2019). 미래세대를 위한 과학교육 표준: 모든 한국인을 위한 과학적 소양. 서울: 한국과학창의재단.
- Leblanc, D. (2012). Gapminder: Using a world of human ecology data to teach students critical thinking skills. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 93, 358-372.
- Martin, E. E., & Howell, P. D. (2001). Active inquiry, web-based oceanography exercises. *Journal of Geoscience Education*, 49(2), 158-165.
- Newman, G., & Scholl, J. (2012). Bar graphs depicting averages are perceptually misinterpreted: The within-the-bar bias. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(4), 601-607.
- Önger, S., & Çetin, T. (2018). An investigation into digital literacy views of social studies preservice teachers in the context of authentic learning. *Review of International Geographical Education Online*, 8(1), 109-124.
- Pearsall, S. H. (1999). Effects of metacognitive exercise on the development of scientific reasoning. Unpublished Ph. D. dissertation, Columbia University, New York, United States.
- Prado, J. C., & Marzal, M. Á. (2013). Incorporating data literacy into information literacy programs: Core competencies and contents. *Libri*, 63(2), 123-134.

- Rozencwajg, P. (2003). Metacognitive factors in scientific problem-solving strategies. *European Journal of Psychology of Education, 18*(3), 281-294.
- Schizas, D., Katrana, E., & Stamou, G. (2013). Introducing network analysis into science education: Methodological research examining secondary school students' understanding of 'decomposition'. *International Journal of Environmental & Science Education, 8*(1), 175-198.
- Shreiner, T. L. (2018). Data literacy for social studies: Examining the role of data visualizations in K-12 textbooks. *Theory and Research in Social Education, 46*(2), 194-231.
- Swan, K., Vahey, P. J., Rafanan, K., & Stanford, T. (2009). Challenges to Cross-Disciplinary Curricula: Data Literacy and Divergent Disciplinary Perspectives. TWD AERA paper draft. Retrieved from https://www.sri.com/sites/default/files/publications/aera_2009_twd.pdf
- Wolters, C. A. (2003). Understanding procrastination from a self-regulated learning perspective. *Journal of Educational Psychology, 95*(1), 179-187.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education, 89*(3), 357-377.

[†] 김형욱, 하주초등학교 교사(Hyunguk Kim; Teacher, Haju Elementary School).