

RESEARCH ARTICLE

Developing and Applying a Science Inquiry Program Utilizing Data Science

Haejung Ahn¹, Hyunjung Kim^{2*}¹Kongju National University High School²Kongju National University

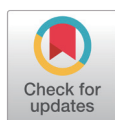
데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램의 개발과 적용

안혜정¹, 김현정^{2*}¹국립공주사대부고, ²국립공주대학교

*Corresponding Author: Hyunjung Kim, chem95@kongju.ac.kr

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the impact of science classes using a science inquiry program that utilizes data science on the science core competency among high school students. To achieve this, a science inquiry program was developed based on the data science process, incorporating public data related to heat exchange in chemical reactions, and considering the characteristics of digital-native learners as well as social demands. This program, designed for use in the Chemistry I course, integrates data science with scientific inquiry. The developed program was applied over a three-week period with 52 students at K high school in Chungnam. To verify the program's effectiveness, students' science core competency was assessed before and after the program was applied. The study results are as follows: the science inquiry program utilizing data science showed a significant effect on the science core competency, specifically in scientific reasoning, scientific communication ability.

Key words: Data science, science core competency, science inquiry program, public data

OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning

2024, Vol. 14, No. 3, 475-487

<https://doi.org/10.31216/BDL.20240027>**Received:** August 30, 2024**Revised:** September 24, 2024**Accepted:** September 24, 2024© 2024. 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

2022 개정 과학과 교육과정에서는 역동적으로 변화하는 미래 사회에 능동적으로 대응하는 과학적 소양을 갖춘 사람을 양성하고자 디지털 교육을 대폭 확대하였다. 이러한 변화에 맞춰 새로운 교육과정에서는 ‘공개 데이터셋을 활용하여 빅데이터를 분석하기’ 등의 데이터를 활용한 탐구 활동이 등장하였다(MOE, 2022b). 데이터는 과학의 기초이며, 과학 교과서에 있는 사실들은 데이터에 기반한 증거에 뿌리를 두고 있다(Kastens et

al., 2015). 과거에는 주로 실험실이라는 한정적 공간에서 전통적인 실험 도구를 통해 얻어낸 작은 규모의 데이터를 다루는 위주로 탐구 활동이 이루어졌다. 그러나 디지털 시대로 접어들면서 데이터는 기하급수적으로 증가하였고, 디지털 데이터가 아날로그 데이터의 양을 앞질렀을 뿐만 아니라, 그 양은 실시간으로 축적이 어려울 정도로 계속 늘어나고 있다(Yi, 2016). 이에 따라 기존의 데이터베이스 도구로는 처리가 어려울 정도로 방대한 규모의 데이터로 정의되는 빅데이터(Choe, 2018)의 중요성이 증가하고 있다.

높아진 빅데이터에 대한 관심을 바탕으로, 우리나라에서는 2013년 10월부터 공공 데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률이 시행되어 공공 기관이 생성하는 데이터를 누구나 쉽게 접근하고 편리하게 사용할 수 있도록 공개하고 있다(Yi & Nam, 2014). 특히 교육 분야 공공 데이터로는 시·도 교육청이 제공하는 교육정보를 서비스하는 나이스교육정보개방포털(<https://open.neis.go.kr>)이 대표적이다. 나이스교육정보개방포털에서는 17개 시·도 교육청에 속하는 학교들의 기본정보, 학사일정뿐만 아니라 급식식단정보 등이 제공되고 있는데, 이는 학생들의 삶과 가장 가까운 데이터라고 할 수 있다. 빅데이터가 점점 더 일상화되면서 실제 맥락에서 데이터를 통해 판단하고 결정해야 할 필요성이 대두되었다. 미래 사회에 생겨나는 엄청난 양의 데이터를 획득하고 적절하게 해석하는 능력은 필수적이다(Jeong & Park, 2022). 그러나 전통적으로 학교에서 사용하는 데이터는 실시간으로 생성 및 분석되는 데이터의 크기와 복잡성을 제대로 반영하지 못하고 있다(Wolff et al., 2016). 최근에는 국가생명공학정보센터(National Center for Biotechnology Information)에서 제공하는 게놈 DNA 데이터, 국립과학재단(National Science Foundation)에서 제공하는 첨단 기기를 활용한 북아메리카의 지형 관측 자료 등 과거 연구기관에서만 볼 수 있었던 데이터가 온라인을 통해 제공되고 있고, 전문 과학자만 볼 수 있었던 데이터에 과학 교사와 학생들도 접근할 수 있게 되면서(Kastens et al., 2015), 과학 수업에서 활용할 수 있는 빅데이터가 많아지고 있다.

2022 개정 교육과정 총론의 교수·학습에서는 학생들이 깊이 있는 학습을 통해 핵심역량을 함양할 수 있도록 학생이 여러 교과와 교과의 고유한 탐구 방법을 익히고 이를 바탕으로 스스로 탐구하고 학습할 수 있는 역량을 함양하는 것을 강조하고 있다(MOE, 2022a). 탐구 기반 학습은 학습자가 제기된 질문에 대한 답을 찾기 위해 탐구를 통해 학습에 깊이 참여하는 학습 전략으로, 탐구 기반 학습에서 디지털 도구를 사용하는 것은 학생이 스스로 탐구하고 배우는 방식의 학습 효과를 크게 향상시킬 수 있다(Baek, 2024). 탐구 기반 학습이 활용되는 대표적인 교과가 과학이며, 과학 교과에서의 탐구 기반 학습이 전통적인 실험실 데이터를 기반으로 한 탐구에서 빅데이터를 기반으로 한 탐구로 확장되고 있다.

데이터 과학은 디지털 데이터에 대한 관찰, 이론 개발, 체계적 분석, 가설 테스트 및 검증의 과학적 기술을 사용하여 디지털 데이터를 체계적으로 연구하는 분야로(Jagadish, 2015), 빅데이터를 R 또는 앱 인벤터(App Inventor) 등을 사용하여 코딩을 통해 분석하는 데, 일반적으로 ‘데이터 수집-전처리-분석-시각화’의 과정을 거친다(Yang et al., 2019). 데이터 과학에 사용되는 방법과 과학의 탐구 과정과 매우 유사하므로 데이터 과학이 과학적 소양을 함양하는데 기여할 수 있다(Ceccucci et al., 2015). 데이터 과학을 이용해서 탐구 활동을 하는 것은 과학 탐구를 핸즈온 실험에서 확장하고, 광범위한 데이터를 기반으로 자료 분석 및 일반화 과정을 경험하는 것은 더 넓은 관점과 결합된 문제 해결 능력을 배우는데 도움이 된다(Song & Zhu, 2017). 이처럼 데이터 과학을 기반으로 과학 탐구 프로그램을 구성하는 것은 과학 탐구를 진행하는 과정에서 스스로 지식을 조절하고 기능을 내면화하여 지식을 형성하게 하고(Kim & Kim, 2022b), 디지털 데이터를 수집, 분석, 해석하며 과학적 현상을 실시간 맥락에서 깊이 이해하고 예측할 수 있게 함으로써 과학교육이 기존의 한계를 뛰어넘어

새로운 패러다임의 탐구가 가능하게 한다. 따라서 데이터 과학의 과정을 과학 탐구 활동에 적용하는 것은 전통적인 실험실 기반 과학 탐구의 한계를 극복하고 교육환경 변화에 적극적으로 대처하며 다양한 탐구 방법을 접하는 효과를 기대할 수 있다(Han et al., 2022).

데이터를 활용한 탐구 프로그램에 대한 필요가 급속도로 증가하고 있으나 중·고등학교를 대상으로 하는 연구는 부족하다. 고등학교 정치 과목에서 구글 트렌드(Google trends), R 그리고 사회연결망 분석을 사용하여 빅데이터를 분석하는 융합 수업을 설계하여 그 가능성을 확인하거나(Choe, 2018), 고등학생의 데이터 리터러시 역량을 강화시키기 위해 가속팽창 우주를 주제로 파이썬(Python), 워드 클라우드(Word cloud), 구글 코랩(Google colab)을 이용하여 데이터 시각화 교육 프로그램을 개발한 연구(Roh & Sohn, 2023)가 있었다. 그러나, 과학영재학교 학생들이 ChatGPT를 사용하여 GLOBE 프로젝트의 구름 관련 데이터를 분석한 경험이 데이터 리터러시 함양에 효과적이라는 연구(Han et al., 2022)와 같이 데이터를 활용한 과학 탐구 프로그램이 학생에게 미치는 효과를 살펴본 연구는 매우 소수이다.

따라서 본 연구에서는 고등학생을 대상으로 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램을 개발하고 과학 과 핵심역량에 미치는 효과를 확인하고자 한다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

1. 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램의 현장 적용 결과는 어떠한가?
2. 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램을 적용한 과학 수업은 과학과 핵심역량을 신장시키는가?

Methods

Participants

본 연구의 대상은 충청남도의 중소도시 소재 남녀공학인 K 고등학교 2학년 화학 I 을 수강하는 2개 학급(N=52)으로, 학교와 학생들에게 연구 동의를 받은 후 수행되었다. 연구 대상은 남학생 22명과 여학생 30명으로 총 52명이었으며, 학생들은 대부분 이과 계열 진학을 희망하였다.

Research Design

본 연구는 고등학교 2학년 ‘역동적인 화학 반응’ 단원에 해당하는 성취기준 ‘12화학 I 04-06 화학 반응에서 열의 출입을 측정하는 실험을 수행할 수 있다.’를 선정하여 6차시로 구성되는 프로그램을 개발하였다. 해당 프로그램은 2023년 7월에 해당 학교의 고등학교 2학년 1학기 화학 I 수업에서 3주 동안 진행되었다. 본 프로그램은 고등학교 과학 교사로 재직 중인 본 논문의 제1 저자에 의해 운영되었다. 프로그램은 2차시씩 블록 타임으로 운영되었고, 모든 수업은 4인 1모둠으로 진행되었다.

본 프로그램에서 사용한 빅데이터는 교육부와 한국교육학술정보원의 나이스교육정보 개방포털에서 제공하는 공공 데이터인 ‘급식식단정보’이었다. 이 데이터는 교육부와 전국 17개 시·도교육청의 학교에서 제공된 급식의 요리명, 원산지 정보, 칼로리 정보, 영양 정보 등의 일자별 현황 등 다양한 데이터를 포함한다. 학생들의 탐구 의지를 높이기 위해 학생의 삶과 가까운 공공 데이터인 급식 데이터를 선택하여 프로그램 개발에 사용하였다. 본 연구에서는 2022년 1월부터 해당 수업이 진행되는 해인 2023년 7월까지에 해당하는 전국 학교의 급식 정보가 담겨있고 821,441행과 14개의 열로 구성된 빅데이터를 내려받아 CSV 파일로 제작한 후, 사전에 각 노트북에 설치하여 수업에 활용하였다.

프로그램의 1~6차시 교수·학습 활동은 데이터 과학에서 빅데이터를 다루는 과정인 ‘데이터 수집-전처리-분석-시각화’의 4가지 순서에 따라 설계되었다. 본 연구에서 개발한 탐구 프로그램이 데이터 과학의 과정을 잘 포함하되 탐구 활동이 학생들에게 너무 낯설지 않도록 프로그램을 구성하는데 주안점을 두었다. 프로그램에 사용할 도구는 그 특성을 고려하여 데이터 수집과 전처리 단계에는 전통적인 실험 활동을, 분석 단계에는 R을, 시각화 단계에는 앱 인벤터를 활용하였다. 활동에 사용할 R과 앱 인벤터를 처음 접하는 학생들이 많았기 때문에 난이도를 고려하여 프로그램을 구성하였으며, 3~6차시에는 한 모둠 안에서 2명당 1대의 노트북을 제공하여 짝 활동과 모둠 활동을 통해 데이터 분석이 원활하게 진행될 수 있도록 진행하였다. 컴퓨터를 이용해 R과 앱 인벤터를 탐구 활동에 사용하기 위해 수업은 전자칠판과 컴퓨터의 역할이 가능한 스마트 보드가 설치된 스마트 교실에서 진행되었다. 수업에서는 4대의 모뎀용 스마트 보드와 1대의 대형 스마트 보드를 사용하였으며, 이러한 배치가 모둠 간과 학급 내 토의에 적극 활용되고 학생 활동 관찰에도 효과적일 것으로 기대하였다.

Developing Program

1~2차시는 학생들에게 ‘다이어트 콜라의 칼로리는 정말 존재하지 않을까?’ 뉴스를 읽어보게 한 후 음식의 열량을 측정하는 방법을 조사하게 하였다. 탐구 질문으로 ‘무인도에서 생존에 가장 도움이 되는 과자 찾기’를 설정하였으며, 모뎀의 과자 열량 측정하기 실험을 통해 관찰한 온도 변화 값을 이용하여 열량을 구하도록 하였다. 이후 실험 결과를 활용하여 탐구 질문에 대한 답을 도출하였다.

3~4차시는 동기유발로 학생들에게 학교 급식 메뉴를 검색하는 방법을 질문하는 것을 시작으로 학생들에게 급식식단정보를 소개하고 R의 사용법을 안내하였다. R을 처음 접하는 학생들이 많았기 때문에 탐구 프로그램을 위해 사용할 코드 위주로만 소개하였다. 활동 3가지를 제시하여 모뎀에서 논의 및 토의를 통해 원하는 정보를 얻어낼 수 있는 코드를 작성하고 R에서 실행해 얻은 결과를 바탕으로 결론을 도출하도록 구성하였다. 첫 번째 활동은 우리 학교의 2023년 3월 2일 점심 급식 메뉴 찾기였고, 두 번째 활동은 2023년 3월 2일, 전국의 점심 급식 칼로리 순위 Top 3 학교 찾기였다. 세 번째 활동은 우리 학교의 문제를 R을 활용하여 검증하기로, 학생들이 스스로 가설을 설정하고 이를 해결하기 위한 코드를 작성한 후 얻은 결과를 통해 가설의 진위를 판단하였다.

마지막 5~6차시는 공공 데이터와 앱 인벤터를 이용하여 칼로리가 표현되는 급식 앱을 제작하고 공유하는 활동으로 구성되었다. 학생들은 기존의 학교 급식 앱을 사용할 때 칼로리가 표현되지 않는다는 문제점을 개선하기 위해 새로운 급식 앱의 제작을 탐구 목표로 설정하였다. 학생들에게 블록을 통해 코드를 작성하는 앱 인벤터의 사용법을 사전에 소개한 후, 칼로리가 표현되는 급식 앱을 제작하는 탐구 활동을 진행하였다. 이때, 블록 코딩을 처음 접하는 학생들을 고려하여 약 50% 정도 제작된 블록을 사전에 제시하고 코드를 완성하는 활동으로 구성하였다. 최종 완성 후, 학생들은 APK 형식으로 개발된 급식 앱을 다운로드하여 핸드폰에 설치한 후 올바르게 구동이 일어나는지 검토하였으며, 개선된 앱을 공유하는 활동을 수행하였다. 개발된 프로그램의 교수·학습 활동은 Table 1과 같다.

Table 1. Instructional activities of the program

Achievement standards	[12ChemistryI04-06] Be able to conduct experiments to measure the heat exchange in chemical reactions.			
Learning objectives	Investigate and solve problems related to heat exchange in chemical reactions using data science.			
Session	Teaching & learning activities	Science inquiry stage	Data & tool	Etc.
1 ~2	- Investigate methods for measuring heat exchange in chemical reactions. - Conduct an experiment to measure the caloric content of snacks. - Select and interpret experimental data.	Data collection Preprocessing	- Experimental data - Laboratory equipment	Laboratory
3 ~4	- Understand how to process data using R. - Write code for Activity 1, interpret the results, and draw conclusions. - Write code for Activity 2, interpret the results, and draw conclusions. - Formulate a hypothesis for Activity 3, write code, interpret the results, and draw conclusions. - Convert the results of Activity 3 into a graph and interpret them.	Analysis Visualization	- Meal service diet information - R	Smart classroom
5 ~6	- Identify issues with the existing meal service app and explore potential improvements. - Understand how to process data using app inventor. - Complete block coding for creating an app that displays calories. - Organize a campaign to share the improved meal service app.		- Meal service diet information - App inventor	Smart classroom

Measurement Instruments

본 연구는 데이터 과학의 과정을 과학 탐구에 활용한 프로그램을 경험하는 것이 고등학생의 과학과 핵심역량에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 이를 위해 Ha et al. (2018)의 과학과 핵심역량 조사 문항을 검사 도구로 선정하고 사전검사와 사후검사를 실시하였다. 5가지 과학과 핵심역량을 알아보기 위한 해당 검사지는 각 영역당 5개씩의 문항으로 총 25개 문항으로 구성되어 있었다. 이후 개발된 프로그램을 6차시에 걸쳐 연구 집단에 적용하고 결과를 분석하여 효과를 검증하였다. 이 검사 도구의 Cronbach의 α 는 Table 2와 같이 하위 역량별로 사전검사에서 0.764~0.897, 사후검사에서 0.866~0.923이었다. 사전검사에서 전체 문항에 대해 0.947, 사후검사에서 전체 문항에 대해 0.974로 양호하였다.

Table 2. The categories of the question for science core competency

Category	Number of items	Cronbach' α	
		Pretest	Posttest
Scientific reasoning	5	0.810	0.866
Scientific inquiry ability	5	0.897	0.923
Scientific problem-solving ability	5	0.794	0.892
Scientific communication ability	5	0.765	0.880
Scientific participation and lifelong learning in science	5	0.764	0.896
Total	25	0.947	0.974

연구 과정을 간단히 도식화하면 Fig 1과 같다.

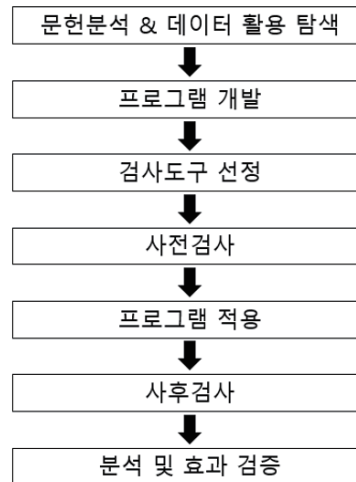


Fig. 1. Procedure of study

Results

Application of a Science Inquiry Program Utilizing Data Science Based on Public Meal Data

1~2차시의 활동은 교과서에서 제시된 탐구 활동을 재구성하여 학생들에게 낯설지 않도록 전통적인 실험으로 진행되었으나, 소규모 데이터를 수집하고 전처리하는 데이터 과학의 과정을 따라 구성하였다. 1~2차시에 학생들은 음식의 열량을 측정하는 방법을 조사하고, '무인도에서 생존에 가장 도움이 되는 과자'를 찾기 위해 모둠별로 여러 가지 과자를 대상으로 열량 측정하기 실험을 수행하였다. 모둠의 데이터는 수집 후 게시판 통해 전체에 공유되었으며, 탐구 질문에 대한 답을 학생들이 스스로 도출하였다. 1~2차시 학생 활동의 결과물은 Fig. 2과 같다.

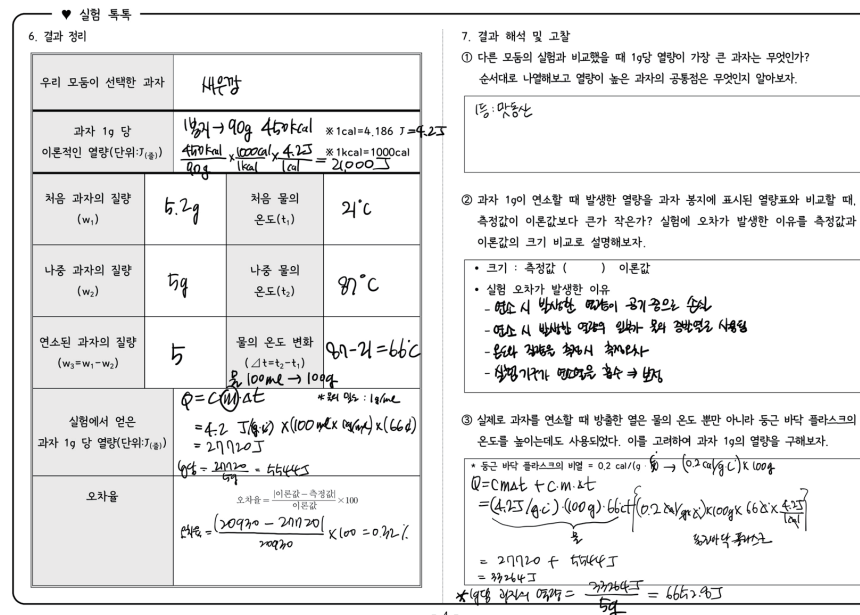


Fig. 2. Results of students' activities related to sessions 1 and 2

3~4차시에는 데이터 과학을 지원하기 위한 목적으로 개발되어 프로그래밍 언어 측면에서 유연함이라는 특징을 가진 R을 사용하였다(Wickham & Grolemond, 2023). 3~4차시 활동에서 학생들은 급식식단정보 분석을 위해 R을 활용한 3가지 활동을 수행하였다. 학생들은 '수요일의 급식 칼로리가 가장 높다.'라는 가설을 세우고 우리 학교에서 최고 칼로리의 점심이 나오는 요일을 찾기 위한 코드를 작성한 후 R에서 실행하고 얻은 결과를 통해 가설을 검증하였다. 이어서 학생들은 경향성을 파악하기 위해 R을 활용하여 데이터의 x축을 요일, y축을 칼로리로 표현한 그래프로 변환하고 해석하였다. 3~4차시의 주요 학생 활동 결과물은 Fig. 3과 같다.

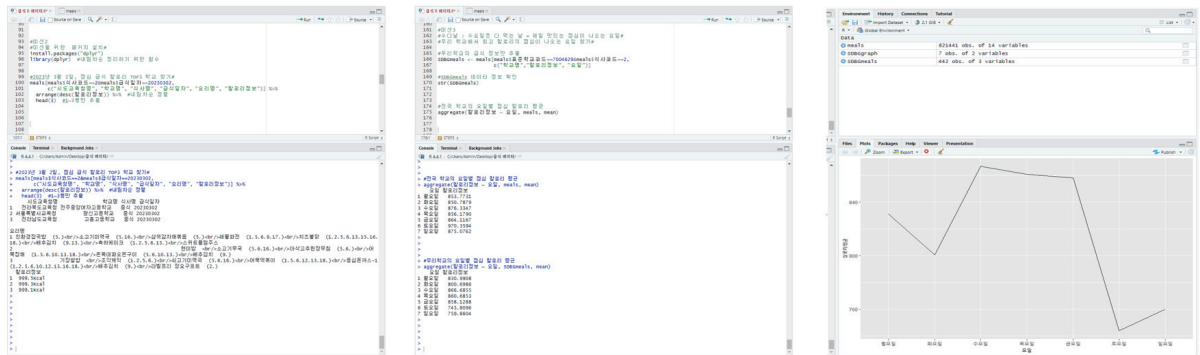


Fig. 3. Results of students' activities related to sessions 3 and 4

5~6차시에 사용한 앱 인벤터는 모바일 앱을 개발하기 위한 드래그 앤드 드롭 방식의 시각적 프로그래밍 도구이다. 앱 인벤터는 사용자가 블록 코딩을 통해 개발하는 과정을 실시간으로 확인이 가능하다는 장점이 있다. 5~6차시에는 급식식단정보와 앱 인벤터를 이용하여 칼로리가 표현되는 급식 앱을 제작하고 공유하는 활동으로 구성하였다. 학생들은 기존 급식 앱의 문제점을 개선한 칼로리가 표현되는 앱을 제작하고 캠페인 활동을 통해 학교 구성원들과 공유하였다. 5~6차시 학생의 주요 활동 결과물은 Fig. 4와 같다.

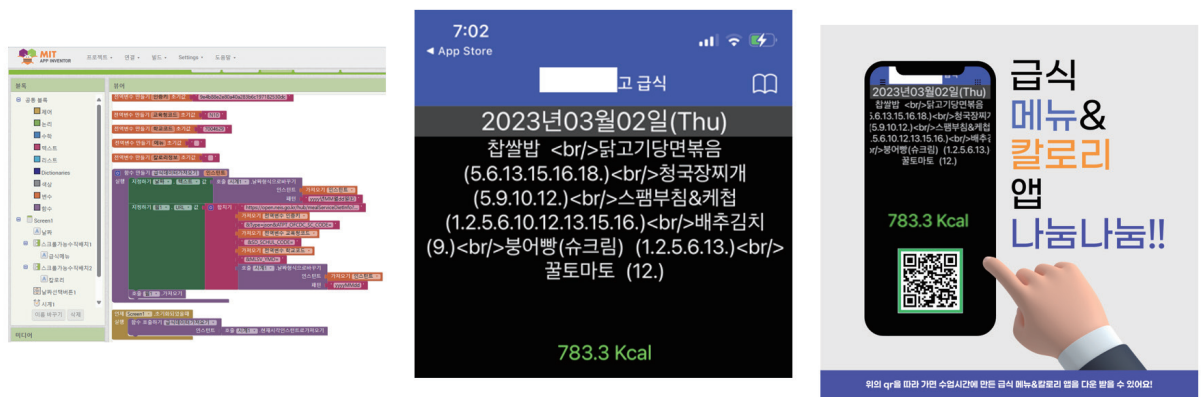


Fig. 4. Results of students' activities related to sessions 5 and 6

Effectiveness of a Science Inquiry Program Utilizing Data Science

학생들이 급식 공공 데이터를 기반으로 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램을 수행한 경험이 과학 과 핵심역량에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 프로그램의 적용 전과 후에 과학과 핵심역량을 측정한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. The results based on the 5 science core competencies in science

Category	Mean(SD)		t	p
	Pretest	Posttest		
Scientific reasoning	3.79(0.65)	3.95(0.64)	-2.252	0.029*
Scientific inquiry ability	3.76(0.76)	3.89(0.68)	-1.595	0.117
Scientific problem-solving ability	4.00(0.59)	4.03(0.63)	-0.324	0.747
Scientific communication ability	3.77(0.67)	3.93(0.65)	-2.168	0.035*
Scientific participation and lifelong learning in science	3.92(0.64)	4.07(0.62)	-1.935	0.059
Total	3.85(0.58)	3.97(0.59)	-2.245	0.029*

* $p < .05$

데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램을 적용하기 전과 후에 과학과 핵심역량에 대한 검사를 실시하였을 때, 영역별 평균값은 사전검사에서 모두 3.76 이상으로 나타났다. 또한 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력은 사전 평균 3.76~4.00 사이에서 사후 평균 3.89~4.07이었고, 5가지 과학과 핵심역량의 평균값은 사전에 비해 사후에 0.12 증가하였으며 통계적으로 유의미하였다($p < 0.05$). 구체적으로 과학적 사고력은 사전 평균 3.79에서 사후 3.95로, 과학적 의사소통 능력은 사전 3.77에서 사후 3.93으로 통계적으로 유의미한 향상을 보였다($p < 0.05$).

본 연구에서는 새로운 프로그램을 개발하여 적용하였기 때문에, 해당 프로그램의 사용이 학생들의 과학과 핵심역량 중 구체적으로 어떤 부분에서 영향을 미치는지 확인해 보고자 문항별 분석도 진행하였다. 문항별 대응 표본 t 검정 결과에서 통계적으로 유의미한 향상이 있었던 문항과 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. The results based on the item-by-item analysis

Category	Items	t	p
Scientific reasoning	A2 Pretest – Posttest	-2.939	0.005**
	A3 Pretest – Posttest	-2.981	0.004**
Scientific inquiry ability	B9 Pretest – Posttest	-2.200	0.032*
	B10 Pretest – Posttest	-2.134	0.038*
Scientific communication ability	D19 Pretest – Posttest	-3.134	0.003**
Scientific participation and lifelong learning in science	E21 Pretest – Posttest	-2.714	0.009**
	E25 Pretest – Posttest	-3.485	0.001***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

사전검사와 사후검사 결과 4가지 영역의 총 7개 문항에서 유의미한 결과를 확인할 수 있었다. 과학적 사고력의 5개의 문항 중 2개 문항인 A2(나는 어떤 일을 판단할 때, 과학적 증거가 있는지 잘 따져본다.), A3(나는 어떤 일을 판단할 때, 과학적 지식을 잘 사용한다.)에서 유의미한 결과가 나타났다. 과학적 의사소통 능력은 5개의 문항 중 1개의 문항인 D19(나는 과학 문제와 관련하여 다른 사람과 질의 응답하는 토의나 토론을 잘한다.)에서 유의미한 효과가 나타났다.

과학적 탐구 능력과 과학적 참여와 평생 학습 능력은 영역별 사전과 사후검사에서는 유의미한 결과가 나타나지 않았으나, 각각 2개씩 총 4개의 문항에서는 유의미한 결과가 나타났다. 과학적 탐구 능력의 문항 B9(나는 과학 탐구를 할 때, 관련된 과학 지식과 잘 연결하여 생각한다.), B10(나는 과학 탐구의 결과를 통해 과학적 지식이나 의미를 잘 구성해 낸다.)에서 유의미한 효과가 나타났다. 과학적 참여와 평생 학습 능력은 문항 E21(나는 과학기술로 생기는 사회 문제와 그 해결 방안을 찾는 것에 관심이 많다.)과 문항 E25(나는 나이가 들어도 새로운 과학 지식이나 정보를 찾아 배울 것이라고 생각한다.)에서 유의미한 향상이 나타났다.

Discussion

본 연구의 결과들을 바탕으로 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램이 과학과 핵심역량 향상에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 컴퓨터 기반의 과학 탐구 프로그램을 활용한 6차시의 화학 수업이 과학과 핵심역량을 유의미하게 향상시켰다는 연구 결과(Kim & Kim, 2022a)와 유사하다.

과학과 핵심역량의 하위 역량들에 대한 영향을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램을 경험한 고등학생의 과학과 핵심역량은 2가지 영역인 과학적 사고력과 과학적 의사소통 능력에서 통계적으로 유의미한 향상이 나타났다. 이는 디지털 기반의 도구가 개념 학습을 촉진하는 역할을 할 수 있다고 알려진 결과와 유사하다(Hillmayr et al., 2020).

과학적 사고력은 과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고이다(MOE, 2015). 과학에서 논의는 타당한 증거 또는 모델에 기반해 일어난다는 연구 결과(Simon et al., 2012)에 비추어봤을 때, 본 프로그램에서 분석한 데이터를 바탕으로 탐구 질문에 대한 답을 형성하도록 구성하였던 것이 과학적 사고력 향상에 도움이 되었을 것으로 판단된다. 또한 데이터 기반 과학 탐구를 경험한 학생들이 교과서 위주의 과학 학습을 받은 학생보다 과학적 사고력에서 향상을 보였다는 연구(Park & Son, 2020)와도 유사한 맥락이다. 과학적 사고력 중 유의미한 변화가 일어난 문항은 2가지인데, 그중 A2는 증거를 바탕으로 합리적으로 추론하는 능력과 관련된 문항이다. 이는 소프트웨어를 이용한 데이터 기반의 접근 방식을 통해 학습자의 추론적 사고를 개발할 수 있다는 연구의 결과와 유사하다(Papariotodemou & Meletiou-Mavrotheris, 2008). 또 다른 문항 A3는 근거를 바탕으로 스스로 타당한 결론을 도출하는 능력과 관련된 문항이다. Park & Choi (2023)의 연구에서도 학생들이 탐구 문제에 대한 답을 찾기 위해 여러 가지 탐구 활동을 하고 도출된 결론을 사용하여 타당성을 설명한 경험이 과학적 사고력 향상에 영향을 주었다는 것을 찾아볼 수 있다.

과학적 의사소통 능력은 과학적 문제의 해결과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전하는 것을 의미하는데(MOE, 2015), 이에 해당하는 문항 D19는 과학 지식을 만들기 위해 자신의 주장만 하는 것이 아닌 다른 입장을 가진 상대와 토의하며 의사소통하는 능력과 관련된 문항이다. 본 프로그램은 학생들이 데이터를 분석하는 탐구를 진행하는 과정에서 단계별 활동의 탐구 질문을 설정한 후 짝 활동과 모둠 활동을 통해 이를 해결하도록 구성하였는데, 이는 과학 탐구를 튜토리얼에 따라 단계적으로 적용할 때 학생들의 의사소통이 더 활발해졌다는 연구 결과(Sarwi et al., 2018)와 같이 본 프로그램에서 학생들이 단계적 활동을 수행하는 과정에서 과학적 의사소통이 활발하게 이루어졌음을 예상할 수 있다. 학생들이 과학 지식을 형성하기 위해 혼자 힘으로는 어렵다는 것을 깨닫고 친구의 의견에 귀를 기울이며 그 의도를 파악하는 경험을 한 것이 과학적 의사소통 능력을 높이는 데 영향을 주었을 것으로도 예상된다(Choi & Woo, 2020).

과학적 탐구 능력과 과학적 참여와 평생 학습 능력은 영역별 사전과 사후검사에서는 유의미한 결과가 나타나지 않았으나, 각각 2개씩 총 4개의 문항에서는 유의미한 결과가 나타났다. 과학적 탐구 능력은 과학적 문

제 해결을 위해 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식이나 의미를 구성하는 능력을 의미하는데(MOE, 2015), 문항 B9는 탐구 문제에 대한 답이나 해결 방안을 마련하기 위해 자료에 대해 해석하는 능력과 관련된다. 이는 선행연구에서 데이터 과학에 사용되는 방법과 과학의 탐구 과정이 유사하므로(Ceccucci et al., 2015), 데이터 과학의 과정을 경험하는 것이 과학적 소양을 함양하는데 기여할 수 있다는 가능성을 시사한다. 문항 B10은 새로운 과학 지식을 만들어 내는 능력과 관련한 문항인데, 학생들이 데이터 과학을 활용하여 과학 탐구 활동을 한 후에도 얻은 결과를 증거로 사용하여 새로운 과학 지식으로 형성하는 능력이 키워졌음을 예상할 수 있다. 이는 과학적 지식과 데이터 과학을 통합한 새로운 모델을 통해서도 과학적 이해를 향상하는 것이 가능하다는 것을 의미한다(Karpatne et al., 2017). 또한, 과학적 참여와 평생 학습 능력은 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 바탕으로 의사 결정 과정 참여와 지속적인 자발적 학습을 하는 능력을 의미한다(MOE, 2015). 과학교육에서 학생들의 삶과 과학을 연결하는 것은 학생의 자발적인 참여를 끌어낼 뿐만 아니라 단순히 지식을 교육하는 것을 넘어서 평생 학습을 가능하므로(Jenkins, 2011), 과학적 참여와 평생 학습 능력과 관계된 문항에서의 향상은 고무적이다. 문항 E21과 문항 E25에서 나타난 점수 향상은 데이터 과학을 활용한 과학 탐구에서 학생들이 과학기술에 대한 관심이 향상되고 이를 바탕으로 지속적인 탐구에 대한 의지가 생긴 것으로 해석될 수 있다. 이러한 효과를 바탕으로 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램은 교과서에 과학적 참여와 평생 학습 능력과 관련된 교육과정이 부족한 현실에 대한 대안으로 제시될 수 있을 것이다(Kim et al., 2020).

이처럼 본 연구에서 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램이 학생들의 과학과 핵심역량의 향상에 긍정적 영향을 주는 것은 학생들의 실생활과 관련된 빅데이터를 활용한 데이터 과학의 가능성을 확인한 것으로 가치 있었다. 그러나, 연구를 진행하는 과정에서 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램의 적용 과정에서 지속해서 해결해야 할 문제도 있었다. 학생들의 참여를 끌어내기 위하여 교과와 연계하여 사용할 수 있는 학생들의 실생활 빅데이터를 발굴하는 과정이 중요한데, 수업에서 활용할 수 있는 교육적 빅데이터를 얻을 수 있는 사이트면서 본 연구에 활용된 나이스교육정보개방포털이 시기별로 데이터를 제대로 제공하지 못하거나 일부 데이터만 제공하는 등의 오류를 보이는 경우가 있었다. 이는 실제 수업 과정에서 필요한 시기에 데이터를 활용하지 못하는 제약으로 작용하였고, 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램의 성공적 활용을 위해서는 빅데이터를 제공하는 시스템의 안정적인 정보 수집과 제공이 뒷받침되어야 할 것이다. 또한 데이터 과학을 활용하는 경우 학생들의 디지털 역량과 사용하는 도구의 이해도와 활용도에서의 수준 차가 존재하므로, 수업 전 학생들의 데이터 과학 관련 역량을 확인하고 이를 모둠 설정 등에 반영하거나 이를 고려한 심화학습 등을 추가 구성하는 등의 고려도 필요할 것이다.

Conclusion

본 연구에서는 디지털 교육을 강조하는 새로운 교육과정에서 사용할 수 있는 과학 탐구 프로그램을 개발하고, 이 프로그램이 학생들의 과학과 핵심역량에 미치는 효과를 살펴보았다. 이를 위해 화학1 과목에서 활용할 수 있는 학생들의 삶과 밀접한 관련이 있는 공공 데이터를 기반으로 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램을 개발하여 적용 가능성을 탐색하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 과학 탐구 과정에 학생들이 관심을 가질만한 소재로서 공공 데이터의 가능성을 확인할 수 있었다. 학습 동기 또는 흥미가 부족한 학생들은 과학 수업에 소극적인 태도를 가지고 누적된 학습 부족으로 인해 과

학 학습에 참여를 못 하게 된다고 알려져 있다(Kim et al., 2018). 실제 데이터를 사용하는 교육은 학습을 의미 있게 만들고 학생들에게 학습에 대한 동기 부여의 도구가 되며(Diamond & Sztendur, 2002), 학생들의 일상생활과 과학 사이의 연결은 학생들이 평생 과학 학습을 계속해야 하는 실질적 이유가 될 수 있다(Jenkins, 2011). 교과 수업에서 학생이 쉽게 접할 수 있는 데이터를 활용하면 흥미가 향상되는 것으로 알려져 있으므로(Hotaling et al., 2012), 학생들이 흥미를 느낄만한 소재의 공공 데이터를 활용하여 과학 탐구를 수행하는 것은 직접 탐구를 보완할 수 있어 학생들의 과학적 소양 함양에 효과적이다.

둘째, 디지털 친화적인 학습자의 성향을 반영한 과학 탐구 프로그램의 효과성을 확인하였다. 학생들은 과학, 특히 화학을 어려워한다. 화학 개념은 추상적이어서 학생들이 이해하기가 어렵고, 이에 화학 교과에서는 탐구 활동을 통해 학생들의 이해와 흥미를 높이려고 한다. 그러나 과학 탐구의 대표적인 예시로 볼 수 있는 화학 실험은 매주 또는 자주 시행하기에 공간적·물리적인 한계가 존재한다. 우리나라는 초·중등 교육과정 내에서 핵심역량 증진을 위해서 교과 교육의 내용적인 측면을 재구조화하는 것이 필요하다고 알려져 있는데(Lee et al., 2009), 코딩 기기들을 활용한 탐구 활동의 개발은 이제 막 시작한 시점이다(Kim & Kim, 2023). 방대한 데이터 중 필요한 정보만을 수집하고 효과적으로 분석·해석하는 능력이 점점 더 중요해지고 있고(ACRL, 2000), 이제 빅데이터는 단순히 데이터가 모인 양적인 것뿐만 아니라 데이터 분석과 활용까지 포괄하는 개념으로까지 확장되고 있다(Choe, 2018). 이러한 시대에 아날로그형 실험 방법으로는 디지털 친화적인 학습자들의 핵심역량 증진을 기대하는 데에는 한계가 존재할 수 있다. 따라서 급변하는 시대와 디지털 친화적인 학습자의 요구에 맞는 데이터 과학을 활용하는 프로그램을 교과에서 시도하는 것은 학습자 맞춤형 수업으로서 학생들에게 과목의 성취기준에서 달성하고자 하는 학습 목표의 도달에 도움이 될 것으로 기대할 수 있다.

끝으로, 이 연구는 52명의 학생을 대상으로 데이터 과학을 활용한 과학 탐구 프로그램의 개발과 적용을 알아보았다. 이 연구에서 보이는 과학과 핵심역량 변화는 6시간의 수업을 연구 대상 학교에만 적용한 결과로, 연구 결과를 일반화하는데 한계가 있을 수 있다. 따라서 연구의 대상을 다양화하여 연구가 수행될 필요가 있으며 이를 통해 2022 개정 과학과 교육과정의 구체적인 방안 제시에 더 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 생각된다.

Conflicts of Interest

The author(s) declared no conflicts of interest.

References

- Association for College and Research Libraries [ACRL]. (2000). Information Literacy Competency Standards for Higher Education. <http://hdl.handle.net/10150/105645>
- Baek, Y. (2024). Digital Education for Future Learners. Seoul: Hakjisa.
- Ceccucci, W., Tamarkin, D., & Jones, K. (2015). The effectiveness of data science as a means to achieve proficiency in scientific literacy. *Information Systems Education Journal*, 13, 64-70.
- Choe, B. (2018). A study on the case of convergence classes using big data in high school politics – focusing on data visualization with Google trends and R -. *Research in Social Studies Education*, 25, 115-131.

- Choi, J., & Woo, A. (2020). Effect of science practice-based class on improving middle school students' science core competency. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 24, 11-22.
- Diamond, N. T., & Sztendur, E. M. (2002). Simplifying consulting problems for use in introduction statistics lectures. In B. Phillips (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching of Statistics*, Cape Town. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- Ha, M., Park, H., Kim, Y., Kang, N., Oh, P., Kim, M., Min, J., Lee, Y., Han, H., Kim, M., Ko, S., & Son, M. (2018). Developing and applying the questionnaire to measure science core competencies based on the 2015 revised national science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38, 495-504.
- Han, M. Y., Jeong, D. H., & Kim, H. J. (2022). A case study of the data-based scientific inquiry. *School Science Journal*, 16, 165-178.
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Hotaling, L., Lowes, S., Stolkin, R., Lin, P., Bonner, J., Kirkey, W., & Ojo, T. (2012). Sense it: Teaching STEM principles to middle and high school students through the design, construction and deployment of water quality sensors. *Advances in Engineering Education*, 3(2), 1-34.
- Jagadish, H. V. (2015). Big data and science: Myths and reality. *Big Data Research*, 2, 49-52.
- Jenkins, L. L. (2011). Using citizen science beyond teaching science content: A strategy for making science relevant to students' lives. *Cultural Studies of Science Education*, 6, 501-508.
- Jeong, I., & Park, K. (2022). Development of inquiry activities for ocean tide data visualization in middle-school science textbook based on public platform. *School Science Journal*, 16, 518-535.
- Karpadne, A., Atluri, G., Faghmous, J. H., Steinbach, M., Banerjee, A., Ganguly, A., Shekhar, S., Samatova, N., & Kumar, V. (2017). Theory-guided data science: A new paradigm for scientific discovery from data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 29, 2318-2331.
- Kastens, K., Krumhansl, R., & Baker, I. (2015). Thinking big. *Science Teacher*, 82, 25-31.
- Kim, A. Y., Sinatra, G. M., & Seyranian, V. (2018). Developing a STEM identity among young women: A social identity perspective. *Review of Educational Research*, 88, 589-625.
- Kim, K. Y., Kim, J. H., Jang, N. H., & Kim, H. J. (2020). Eighth grade students' perception of the science core competencies. *Journal of Science Education*, 44, 157-166.
- Kim, S., & Kim, H. (2022a). The effects of chemistry class using computer-based science inquiry program on positive experiences about science, science core competency, and academic achievement. *Journal of the Korean Chemical Society*, 66, 107-123.
- Kim, S., & Kim, H. (2022b). Exploring assessment method for science subject competency: Focusing on scientific inquiry ability. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 26, 279-292.
- Kim, S., & Kim, H. (2023). The analysis actual use and perception of class using coding of chemistry teacher. *Brain, Digital, & Learning*, 13, 295-307.
- Lee, K., Jeon, J., Huh, K., Hong, W., & Kim, M. (2009). *Redesigning Elementary and Secondary School Curriculum for Developing Future Koreans' Core Competences (RRC 2009-10-1)*. Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Ministry of Education [MOE]. (2015). *2015 Revised Science National Curriculum*. Seoul: Ministry of Education.
- 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.
- Paparistodemou, E., & Meletiou-Mavrotheris, M. (2008). Developing young students' informal inference skills In data analysis. *Statistics Education Research Journal*, 7, 83-106.
- Park, C., & Son, J. (2020). The effects of data-based scientific inquiry linked with science writing heuristic(SWH) on elementary school students' science core competencies. *Teacher Education Research*, 59, 245-258.
- Park, S., & Choi, W. (2023). Perception of science core competencies of high school students who participated in the 'skills' based inquiry class of the 2015 revised science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 43, 87-98.
- Roh, H., & Sohn, J. (2023). Development of a project-based OER educational program with the theme of 'accelerated expansion universe' to strengthen data literacy capabilities. *School Science Journal*, 17, 508-522.
- Sarwi, S., Fauziah, N., & Astuti, B. (2018). The analysis of scientific communications and students' character development through guided inquiry learning. *Journal of Physics: Conf. Series*, 983, 012031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/983/1/012031>
- Simon, S., Richardson, K., & Amos, R. (2012). The design and enactment of argumentation activities. In M. Khine (Ed.), *Perspectives on Scientific Argumentation: Theory, Practice and Research*, (pp. 97-115). Dordrecht: Springer.
- Song, I., & Zhu, Y. (2017). Big data and data science: Opportunities and challenges of ischools. *Journal of Data and Information Science*, 2, 1-18.
- Wickham, H., & Grolemund, G. (2016). *R for data science: Import, tidy, transform, visualize, and model data* (1st ed.). Sebastopol: O'Reilly Media.
- Wolff, A., Gooch, D., Montaner, J. J. C., Rashid, U., & Kortuem, G. (2016). Creating an understanding of data literacy for a data-driven society. *Journal of Community Informatics*, 12, 9-26.
- Yang, Y., Oh, I., & Kang, R. (2019). *Data Science With R*. Seoul: Hanbit Academy.
- Yi, H. J., & Nam, Y. J. (2014). A study on revitalizing the use of Korean public data: focused on linked open data strategy. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 31, 249-266.
- Yi, M. (2016). A study on the curriculums of data science. *Journal of the Korean Biblia Society for Library and Information Science*, 27, 263-290.

Authors' Information

Ahn, Haejung: Kongju National University High School, Teacher, 1st Author, <https://orcid.org/0009-0003-7639-8668>

Kim, Hyunjung: Kongju National University, Associate Professor, Corresponding Author, <https://orcid.org/0000-0001-6223-9816>