Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형 개발

손미현[1], 정대홍[1,2*]
[1]서울대학교 교육종합연구원, [2]서울대학교

Development of Data-Driven Science Inquiry Model and Strategy for Cultivating Knowledge-Information-Processing Competency

Mihyun Son[1], Daehong Jeong[1,2*]
[1]Center for Educational Research, Seoul National University, [2]Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:
Received 16 November 2020
Received in revised form
28 November 2020
15 December 2020
Accepted 18 December 2020

Keywords:
Data-driven Science Inquiry, ESDA inquiry model, Knowledge-information-processing competency, Data literacy

ABSTRACT

The knowledge-information-processing competency is the most essential competency in a knowledge-information-based society and is the most fundamental competency in the new problem-solving ability. Data-driven science inquiry, which emphasizes how to find and solve problems using vast amounts of data and information, is a way to cultivate the problem-solving ability in a knowledge-information-based society. Therefore, this study aims to develop a teaching-learning model and strategy for data-driven science inquiry and to verify the validity of the model in terms of knowledge information processing competency. This study is developmental research. Based on literature, the initial model and strategy were developed, and the final model and teaching strategy were completed by securing external validity through on-site application and internal validity through expert advice. The development principle of the inquiry model is the literature study on science inquiry, data science, and a statistical problem-solving model based on resource-based learning theory, which is known to be effective for the knowledge-information-processing competency and critical thinking. This model is titled "Exploratory Scientific Data Analysis" The model consisted of selecting tools, collecting and analyzing data, finding problems and exploring problems. The teaching strategy is composed of seven principles necessary for each stage of the model, and is divided into instructional strategies and guidelines for environment composition. The development of the ESDA inquiry model and teaching strategy is not easy to generalize to the whole school level because the sample was not large, and research was qualitative. While this study has a limitation that a quantitative study over large number of students could not be carried out, it has significance that practical model and strategy was developed by approaching the knowledge-information-processing competency with respect of science inquiry.

Ⅰ. 서론

현재 우리는 지식정보화사회에 살고 있다. 정보통신기술의 발달은 엄청난 양의 데이터를 생산하고 있으며, 데이터와 정보가 힘이 되는 사회 구조 속에서 해결해야 하는 문제들이 끊임없이 생겨난다. 또한 정보통신기술이 제조업 등 다양한 분야와 결합하여 새로운 산업이 만들어지고 환경이 변화하면서(Kim & Kang, 2016), 사회는 빠르게 적응하고 새롭게 발생하는 문제를 파악하고 해결하는 능력을 요구한다. 이에 미래를 살아가야 하는 학생들에게 데이터를 다루고, 그 의미를 찾는 역량은 필수적이며, 특히 사회의 변화에 따라 기존과는 달라진 형태의 사회 문제들을 이해하고 해결책을 찾기 위해서는 기본적인 지식정보처리역량이 함양되어야 한다.

2015 개정 교육과정에서 지식정보처리 역량은 '문제를 해결하기 위하여 다양한 정보와 자료를 수집・분석・평가・선택하고, 적절한 매체를 활용하여 지식, 정보와 자료를 효과적으로 처리함으로써 합리적으로 문제를 해결할 수 있는 능력'이라고 정의한다. Lee *et al*.,(2017)은 지식정보자료현상을 수집, 분석, 선택, 평가, 분류, 조직하여 해석, 이해, 활용, 문제해결, 관찰, 탐구하여 지식을 습득하는 역량이라고 하였다. 이외에도 수많은 연구자가 지식정보처리역량의 의미와 요소에 대해 정의를 내리고 있으며, 이 모든 정의를 관통하는 핵심은 문제를 파악하고 여러 정보를 이용하여 새로운 지식을 도출하고 문제를 해결한다는 것이다. 이는 학생들이 접하는 정보의 종류에 따라 도출되는 지식의 종류도 달라질 수 있음을 의미하는 것으로 지식정보처리역량 교육은 소양 교육의 측면뿐 아니라 학문의 맥락에서도 접근할 필요가 있음을 알 수 있다(Qin & D'Ignazio, 2010a; Cho & Sung, 2009; Kim & Lee, 2014; Son *et al*., 2018). 즉, 학문 분야마다 정보의 의미와 특징이 다르고, 분석 방법 및 지식 도출의 과정에 차이가 있으므로, 이를 충분히 학교 교육에 반영하기 위해서는 교과 맥락에서의 지식정보처리역량 함양 교육이 필요한 것이다.

이제까지 과학적 맥락의 지식정보처리역량 교육은 학생들이 과학 관련 문헌을 읽을 때 필요한 정보를 찾고 이해할 수 있는 역량을 의미하는 경우가 많았다(Leckie & Fullerton, 1999; Brown & Krumholz,

* 교신저자 : 정대홍 (jeongdh@snu.ac.kr)
** 본 논문은 손미현의 2020년도 박사 학위논문에서 발췌 정리하였음.
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.6.657

2002; Brickman *et al*., 2008; Hoskins & Stevens, 2009; Majetic & Pellegrino, 2014; Klucevsek, 2017). 하지만 과학 교과는 지식의 전달 뿐 아니라 탐구를 강조하며, 교사와 학생이 함께 의미와 내용을 만들어나가는 활동을 강조하는 구성주의적 관점을 취한다(Arends, 1998). 그리고 이러한 관점은 지식정보처리역량의 자기주도적 지식 구성에 대한 강조와도 맥락이 통한다고 할 수 있다(Beherens, 1994). 따라서 지식정보처리역량 교육은 단순 문헌 조사 수준에서 벗어나 학생들의 과학탐구 활동을 통해 학교 현장에 적용될 때 효과적일 수 있다는 가능성을 내포한다(Wu *et al*., 2001; Tairab *et al*., 2004; Griffis *et al*., 2008).

Qin & D'Ignazio(2010a)는 과학탐구에서 지식정보처리역량이 중요함을 강조하기 위해 과학 데이터 소양(Science Data Literacy, SDL)이란 용어를 사용하여 과학탐구의 맥락에서 데이터 수집, 선별, 처리 활용, 평가를 할 수 있는 역량 교육을 실시하였다. NGSS에서도 탐구의 범위를 '실행'으로 넓혀 문제해결력을 강조함과 동시에 정보에 대한 수집, 처리 분석 등에 대한 역량을 명시적으로 포함하였다(NRC, 2006). 하지만 데이터 역량 또는 지식정보처리역량에 초점을 맞춘 연구를 살펴보면 대부분 데이터 과학을 전공한 대학생이거나 과학 관련 전공자를 대상으로 한 연구가 대부분이었다 (Iqbal *et al*., 2007; Qin & D'Ignazio, 2010a; Adams *et al*., 2012; Krumhansl, 2013; Ellwein *et al*., 2014). 중고등학생을 대상으로 하는 연구는 이론적 모형이나 체계적인 교육 방법 대신 단편적인 수업 사례이거나 프로젝트 형식으로 진행되었고, 교사 주도의 탐구가 대부분이었다(Griffis *et al*., 2008; Chang *et al*., 2009; Hotaling *et al*., 2012; Vahey *et al*., 2012: Cook *et al*., 2014; Gebre, 2018).

따라서 본 연구에서는 지식정보처리역량 함양을 위한 중고등학생 대상의 과학탐구 모형과 수업 전략을 개발하고 지식정보처링역량과 과학탐구의 관점에서 그 타당성을 검증하고자 하였다.

II. 연구과정 및 방법

1. 연구 절차

본 연구는 데이터 기반 과학탐구를 학교 현장에서 효과적으로 실행할 수 있는 모형과 수업전략을 개발하고자 하였다. 모형과 수업 전략의 개발은 Richey & Klein(2014)의 설계・개발 연구방법론(design and development research)의 모형 연구에 따라, 일반적 적용이 가능한 형태로 개발하였다. 설계개발 연구방법론은 '교수적 또는 비교수적 산출물 및 도구, 개발을 이끄는 새로운 모형의 생성에 관한 실증적 기반 확립을 목표로 하는 설계, 개발, 평가 과정에 대한 체계적인 연구'로, 특수 맥락적 상황에서 활용되는 수업 자료의 개발과 일반적 상황에서 활용가능한 모형 개발 연구로 나눌 수 있다. 각각을 1유형과 2유형으로 나누며, 본 연구에서는 일반적 과학 수업 상황에서의 모형을 개발하고자 하였으므로 2유형의 개발 방법을 활용하였다. 2유형의 연구는 개발, 타당화, 활용 등의 세 가지 유형으로 세분화되므로 (Richey *et al*., 2004), 이에 맞추어 연구를 진행하였다. 연구 절차는 Figure 1과 같이 문헌을 바탕으로 1차 모형을 개발하고, 전문가의 내적 타당화 과정을 통해 모형을 수정하였다. 내적 타당화 과정을 마친 후 실제 현장에 적용해보는 외적 타당화 과정을 거치며 모형과 전략을 최종 완성하였다.

과학탐구 모형, 데이터 기반 과학탐구, 지식정보처리역량에 대한 문헌을 고찰하여 일차로 모형 및 수업 전략을 도출하였다. 도출된 수업 모형 및 전략을 전문가 5인에게 내용 타당도 지수(content validity index: CVI)와 평가자 간 일치도 지수(inter-rater aggreement: IRA)를 받고, 여러 차례 면담을 거쳐 모형과 수업 전략을 수정하며 내적 타당화 과정을 거쳤다. 마지막으로 현장에 적용하여 학생들의 피드백과 효과를 분석하고 모형과 수업전략을 수정하는 외적 타당화 과정을 거쳐 완성하였다. 본 모형은 귀납적 탐구 과정과 연역적 탐구 과정을 모두 고려하여 개발하였으므로 현장에 적용해보는 외적 타당화 과정은 귀납적 탐구를 할 때와 연역적 탐구를 모두 실시하였다. 본 연구의 목표가 모형과 구체적인 수업 전략을 도출하는 것이므로, 두 가지 탐구 유형을 분리하여 현장에 적용하였다. 이는 실제 학교에서 각 탐구 방법이 적용되는 수업의 목표나 흐름이 상이한 경우가 많고, 필요한 수업 시간, 준비물 등에 차이가 있을 수 있다는 연구진의 판단에 따른 것으로, 실제 적용 시간이나 탐구 과제의 선정 부분에서는 차이가 발생함을 확인할 수 있었으며 이러한 차이를 포괄할 수 있는 수업전략으로 수정하여 최종 개발하였다.

2. 연구 대상 및 진행 방법

가. 문헌 연구

문헌 연구는 자원기반학습 이론을 바탕으로 과학탐구 모형, 데이터 과학의 특징, 통계적 문제 해결력 모형에 관련된 연구를 대상으로 하였다. 자원기반학습은 학습자가 능동적으로 참여하고 정보를 조직하고 공유하는 방식을 강조하는 학습자 중심의 교수설계이론으로 (Rakes, 1996), 학습 목적을 정하고 학습 매체와 도구를 선택하여 활동하면서 문제해결력, 비판적 사고력, 정보 활용능력이 향상될 수 있다(Hanaffin *et al*., 1997). 과학탐구 뿐 아니라 데이터 과학과 통계적 문제해결력까지 문헌 연구의 범주에 포함시킨 것은 본 탐구가 방대한 양의 데이터를 활용하여 문제를 발견하고 해결한다는 점에서 데이터 과학과 유사하며, 이는 수학의 통계적 문제해결력과도 일맥상통하기 때문이다(Schield, 2004). 또한 데이터 과학이나 통계학에서 지식정보처리역량을 필수역량으로 손꼽는다는 점에서(Schield, 2004; Qin & D'Ignazio, 2010a; Calson *et al*., 2011; Erwin & Robin, 2015; Kim, 2016) 공통분모를 갖는다고 할 수 있다.

나. 내적 타당화

교육공학 전문가, 교육평가 전문가, 현장교사 3인 등 총 5인의 전문가에게 모형과 수업 전략에 대한 설문 및 면담을 실시하고, 피드백 과정을 통해 모형과 수업 전략을 수정하였다. 현장 교사 3인은 다수의 과학탐구 지도경험이 있으며, 교직 경력이 15년 이상으로 탐구의 현장 적용성을 검토할 수 있었다. 교육공학 전문가와 현장 교사 중 한 명은 IoT 기반의 탐구도구를 활용한 과학탐구에 대한 연구 경험이 있으므로 본 연구의 목적과 탐구의 실제에 대해 구체적으로 파악할 수 있었으며, 더욱 실질적인 자문을 제공할 수 있었다.

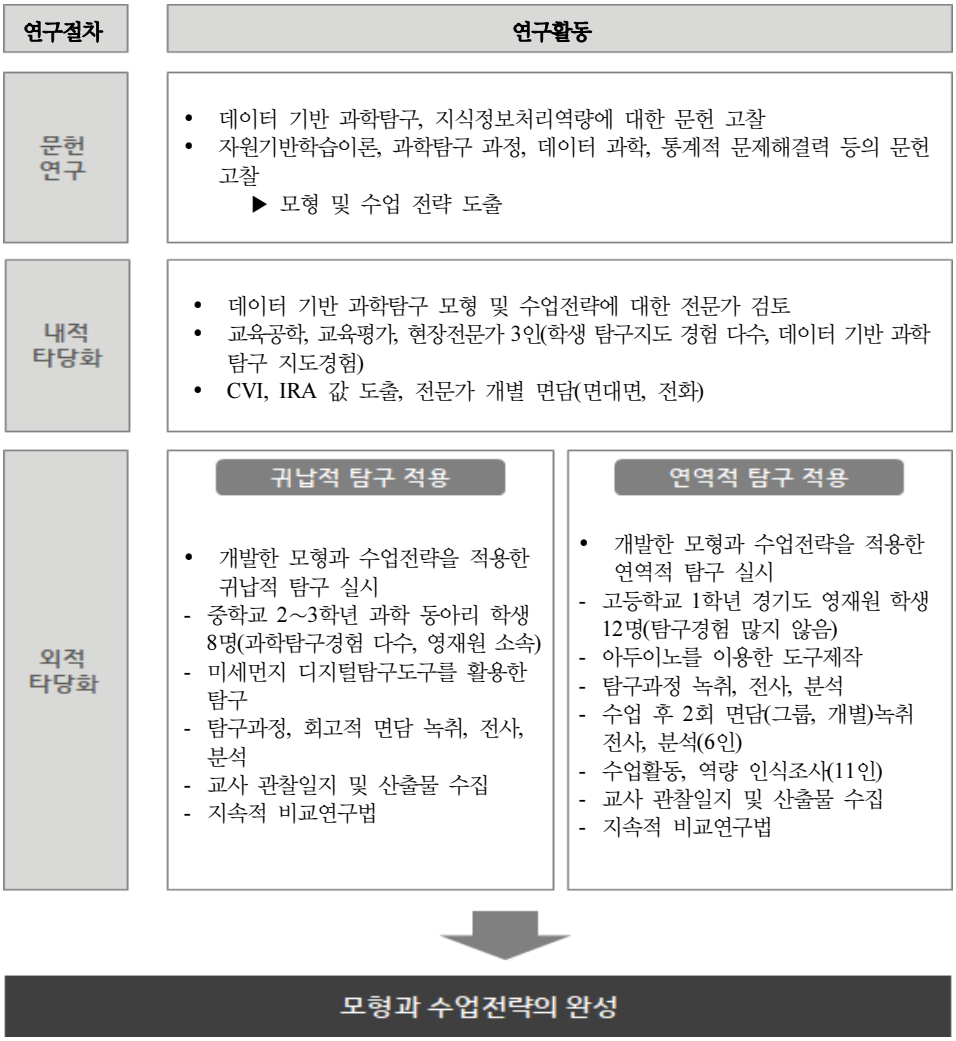


Figure 1. Research process

다. 외적 타당화

귀납적 탐구의 경우 서울에 위치한 중학교 과학동아리 학생 8명(남 4, 여4)을 대상으로 실시하였으며, 학생 모두 성적이 뛰어나고 지역 교육청 영재원에서 2년 이상 재원한 경험이 있었다. 연간 동아리 활동의 주제를 '교실 공기의 질 탐구'로 정하고 미세먼지에 따른 교실 환기 가이드라인 제작을 목표로 2017년 5월부터 11월까지 탐구를 진행하였다. 학생들은 공기 질 센서를 교실에 설치하고 2주간 환기 여부, 시간표, 학생들의 움직임, 선풍기나 에어컨의 가동에 따라 공기의 질이 어떻게 변하는지 데이터를 수집하여, 변인간의 연관성을 파악하는 분석 활동을 실시하였다. 학생들이 수집한 데이터는 엑셀이 가진 통계기능과 시각화 기능을 활용하여 변형하였고, 탐구 결과 분석은 점심시간과 방과후를 이용하여 일주일에 하루씩 주기적으로 이루어졌으며, 일주일간 데이터를 수집한 후 각자 변형하고 함께 모여 분석하는 형태로 탐구를 진행하였다.

연역적 탐구의 경우 경기도에 위치한 고등학교 1학년 영재교육원 학생 15인 중 희망자 12인(남8, 여4)을 대상으로 실시하였으며, 연구에 참여한 학생들은 과학에 흥미가 있고 학업 성적은 중상위권이었다. 영재수업의 형태로 6시간씩 3회차, 총 18시간 과정으로 진행되었다. 1회차 수업은 학생들이 직접 측정도구를 제작하는 것으로 아두이노 기반의 코딩을 학습하고 도구를 제작하는 활동을 실시하였다. 2회차 수업은 데이터가 축적되는 플랫폼을 익히고, 축적된 데이터를 다운로드 받아 여러 형태의 그래프로 변하고, 해석하는 활동이 주로 이루어졌다. 데이터를 해석하는 과정에서 생기는 자연스러운 질문은 모둠 논의를 통해 하나를 선정하고, 가설의 형태로 구체화하였다. 3회차에서는 2회차에 계획한 탐구를 직접 수행하는 것으로 탐구 결과는 웹기반 공유 문서에 작성하고 결과를 발표하였다.

3. 자료 수집과 분석 방법

가. 문헌 연구

자원기반학습은 학습맥락, 자원, 도구, 스캐폴딩 등 네 가지의 요소로 구성된다. 이를 바탕으로 문헌 고찰과 연구자 간의 논의를 통해 기본 개발 원리를 수립하였다. 학습맥락은 유도된 학습맥락과 개인이 생성한 학습맥락으로 나누어 해당하는 전략을 구분하여 분석하였다. 자원 요소는 측정 데이터, 검색한 인터넷 정보를 모두 포함하였으며, 도구는 처리, 조작, 의사소통 도구로 나눌 수 있으므로 이에 해당하는 전략을 분석하였다. 스캐폴딩 요소는 초인지적 스캐폴딩, 절차적 스캐폴딩, 전략적 스캐폴딩으로 나눌 수 있으며 탐구를 수행하는 상황

에서 필요한 스캐폴딩을 연구자간 논의를 통해 예상하고 문헌 연구를 통해 예상된 전략의 타당성을 확보하였다.

나. 내적 타당화

타당도 검사지는 Kim(2016)의 타당도 검사지를 본 연구에 맞게 수정하여 활용하였다. 모형과 수업 전략의 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도 등 총 5개 항목에 대해 타당도를 검토받았으며 수정 사항에 대한 개방형 문항을 추가하였다. 전문가로부터 타당도와 신뢰도 확보를 위해 내용 타당도 지수(content validity index: CVI)뿐 아니라 평가자 간 일치도 지수(inter-rater aggreement: IRA)를 사용하여 분석하였다. CVI 값은 긍정적 척도의 점수는 1점, 부정적 척도의 점수는 0점으로 하여 평균이 0.8 이상이면 타당도가 높다고 판단할 수 있고(Grant & Davis, 1997), IRA의 값이 1에 가까울수록 평가자 간의 일치도가 높은 것으로, 0.8 이상이면 전문가들의 평가를 신뢰할 수 있다고 해석할 수 있다(Rubio *et al*., 2003).

다. 외적 타당화

본 연구는 결과를 질적으로 분석하였다. 이는 본 연구의 기간이 비교적 긴 시간동안 이루어졌으므로, 외부의 영향을 받을 가능성이 크므로 학생들의 질적인 변화를 관찰하는 것이 더욱 효과적일 수 있다. 또한 과학적 맥락의 지식정보처리역량에 대한 연구가 많지 않으므로 질적 분석을 통해 학생들의 변화를 열린 시각에서 관찰하고 범주화할 수 있다는 장점이 있다.

귀납적 탐구의 경우 학생들은 점심 시간과 방과후 시간을 이용하여 탐구를 진행하였다. 학생들의 논의는 녹음 후 전사하였으며, 수행 당시의 분위기는 현장 노트에 기록하였고 학생들이 작성한 연구 노트, 보고서 자료, 웹카페에 올린 검색 자료 등 학생들의 다양한 산출물을 분석 대상에 포함하였다. 면담은 회고적 면담 형태로 모든 탐구 활동을 마친 후 2시간 동안 집단 면담으로 이루어졌다. 분석은 지식정보처리역량의 요소(Son *et al*., 2018)의 요소를 중심으로 범주화하고, 코딩하여 1차 분석을 실시하였다. 1차 코딩한 내용을 중심으로 다시 자료를 확인하고 분류된 내용을 재검토하는 과정을 거친 후 범주를 상위 범주로 묶어 일반화하였다. 분석의 타당도를 위해 지속적 비교연구법(Glaser, 1965; Charmaz, 2006)을 사용하였다.

연역적 탐구의 경우 설문 및 면담 결과와 관찰일지, 탐구 보고서 등을 모두 분석대상에 포함하였다. 모든 회기를 참가한 11명의 학생을 대상으로 운영을 마친 후 설문을 실시하였다. 설문은 총 24문항(객관식 20문항, 주관식 4문항)으로 지식정보처리역량 강조를 위해 실시했던 활동에 대한 인식 6문항, 관련 학교 교육활동 6문항, 2015 개정 교육과정의 과학탐구와 관련된 역량 함양에 대한 8문항으로 구성하였고 주관식 문항은 본 수업에 대한 장점, 단점, 개선점, 도움이 된 점 등으로 수업모형과 전략 개선을 위한 피드백으로 활용되었다. 면담에 동의한 6명의 학생들을 대상으로 그룹 형태의 면담과 개별 면담으로 각각 30분씩 2회 이루어졌으며 모든 면담은 녹취 후 전사하여 분석하였다. 3회기 동안 실시했던 데이터 기반 과학탐구의 장단점과 어려운 점, 흥미로운 점, 지식정보처리역량 관점에서의 어려운 점과 흥미로운 점에 대해 반구조화된 면담이 이루어졌다. 수집된 모든 자료는 귀납적 탐구의 분석방법과 마찬가지로 지식정보처리역량의 요소를 중심으로 지속적 비교연구법을 활용하여 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 모형과 수업 전략의 개발

가. 탐구 모형의 개발

개발된 모형은 일반적인 과학탐구와는 달리 데이터를 먼저 수집하고 문제를 발견하는 데이터 탐색 과정이 우선되어 있으므로 본 모형을 탐색적 과학데이터 분석 탐구모형(Exploratory Scientific Data Analysis Inquiry Model, 이하 ESDA 탐구모형)이라고 한다. 본 모형은 과학적 맥락의 지식정보처리역량함양을 위해 정보 수집, 정보 분석, 정보 활용 과정이 모두 구체적인 활동의 형태로 포함되도록 하였으며, 디지털 탐구도구를 활용함으로써 실제적이고 지속적인 데이터가 수집될 수 있도록 하였다. 본 모형은 일반적인 과학적 탐구 과정과 통계적 문제해결력 모델, 데이터 과학의 탐색적 데이터 분석 과정을 토대로 Figure 2와 같이 개발되었으며, 내적 타당화 과정과 외적 타당화 과정을 거치며 Figure 3과 같이 최종 수정되었다. 내적 타당화 과정에서 전문가들은 기존의 주된 과학탐구 활동인 연역적 탐구 활동이 포함될 필요가 있으며 기존 탐구 용어를 이용하여 모형을 구성해야 현장의 혼란을 최소화할 수 있다고 조언하였다. 또한 정보 수집 과정은 과학탐구 전반에 걸쳐 일어나며, 데이터 수집 단계와 차별성이 없다는 의견이 있었다. 이에 모형에서 정보 검색 단계를 삭제하고 용어를 정리하였으며, 연역적 탐구 과정을 추가하였다. 외적 타당화 과정에서는 주어진 시간 내에서 학생들의 탐구가 순환적으로 일어난다는 사실을 확인하고 피드백 화살표를 추가하여 ESDA 탐구 모형을 최종 완성하였다.

최종 개발된 모형은 도구탐색을 시작으로 데이터 수집, 데이터 변형과 해석, 문제 발견으로 이루어지며, 문제의 유형에 따라 귀납적 탐구와 연역적 탐구가 나누어 이루어질 수 있도록 하였다. 일반적인 과학 탐구가 문제를 발견하고 데이터를 수집하는데 반해 ESDA 탐구 모형은 도구를 먼저 탐색하고 데이터를 수집하여, 이를 통해 문제를 발견하는 과정으로 이루어진다. 이는 현실적, 교육적, 학문적인 측면을 모두 고려한 것으로, 우선 현실적인 측면에서 살펴보면, 현재 학교 상황은 보안이나 기기의 보급 문제로 인해 학교 공간 전체에서 일반적인 상용 무선 인터넷망을 사용하는 것이 불가능하다. 따라서 학교에서 작동 가능한 IoT 기반의 탐구 도구를 먼저 선택하는 것이 데이터 기반 과학탐구의 실행 가능성을 높일 수 있다. 교육적인 측면에서는 실제적 데이터에 대한 학생들의 거리감을 줄이기 위한 것으로 우리 주변의 데이터를 수집하고 수치를 확인하는 간단한 활동은 학생들에게 데이터 기반 과학탐구에 대한 진입장벽을 낮출 수 있다. 또한 데이터의 수집과 처리, 분석 과정을 반복적으로 경험하게 함으로써 역량 함양의 수준을 높일 수 있는 교육적 효과가 있다. 학문적 측면으로는 데이터 과학의 탐색적 데이터 분석 과정(Exploratory data analysis, EDA)을 도입함으로써, 과학탐구와 데이터 과학의 이론적 공통점(Ceccucci *et al*., 2015; Kim, 2016)을 바탕으로 데이터 과학을 과학탐구의 실행 과정으로 끌어들인 데 의의가 있다.

ESDA 모형의 단계를 하나씩 살펴보면, '도구 탐색' 단계는 데이터를 수집하는 디지털 탐구도구를 탐색하는 단계로 학생들이 데이터 생산자로서의 역할이 강조된다. 학교 상황에 따라 다양한 형태의 도구를 선택할 수 있으며, 학생들이 도구를 제작하여 원하는 데이터를 수집할 경우 학교 탐구의 지향점으로 이야기되는 실제적 탐구에 한 발 더 다가갈 수 있다. '데이터 수집' 단계는 탐구 도구를 원하는 장소에 설치하여 데이터를 수집하는 단계로 학생들은 이 과정을 통해 데이터의 수집 및 누적 과정에 대해 파악할 수 있다. '데이터 변형과 해석' 단계는 수집된 데이터를 다운로드 받아 다양한 소프트웨어를 이용하여 의미 파악이 손쉬운 형태로 변형하고, 이를 해석하는 과정이다. 이 과정을 통해 학생들은 상관관계를 파악할 수 있고(Chang *et al*., 2007) 데이터를 통해 정보가 도출되는 과정을 경험하며, 누적 데이터의 가치에 대해 생각해볼 수 있다. '문제 발견' 단계는 학생이 스스로 탐구 문제를 찾아내고 탐구할 수 있도록 질문을 가설의 형태로 구체화하는 단계로 문제 생성과 문제 정의를 모두 포함한다. 데이터를 해석하는 과정에서 제시되었던 질문에 대해 정보를 검색하는 과정에서 탐구가 가능하고, 의미있는 탐구가 될 수 있도록 탐구 문제가 정리된다. '추가 데이터 수집과 해석' 단계는 귀납적 탐구를 위한 추가적인 데이터를 수집하는 단계로, 주어진 현상이나 상황에 따라 관찰, 측정 활동을 통해 정보를 수집하고(Kwon *et al*., 2003), 관찰기구의 정확성, 정량화 가능성을 염두해 두도록 한다(AAAS, 1990; Lawson, 1995; Butler & McMunn, 2005; Jhun & Park, 2006). '실험 설계', '실험 수행', '자료 해석' 단계는 학생들의 제시한 인과적 문제를 연역적 탐구 과정을 통해 해결하는 과정이다. 독립변인과 종속변인을 고려하여 실험을 설계하고, 실험을 수행하여 문제를 해결하거나 가설을 평가하는 과정을 거친다. '결론 및 표현' 단계는 문제에 대한 해결 방안을 정리하고 이를 효과적으로 전달할 수 있도록 표현하는 단계이다. 일반적인 과학탐구활동과 달리 표현 따로 명시한 것은 정보의 공유를 강조하기 위한 것으로 과학적 타당성과 명확성, 심미성이 드러나도록 표현한다.

나. 수업 전략의 개발

ESDA 탐구 모형을 단계별로 적용하기 위해 교사에게 필요한 수업 전략을 문헌 연구를 통해 추출하고 외적, 내적 타당화 과정을 거쳐 완성하였다. ESDA 탐구 모형의 각 단계에 맞추어 도구 탐색의 원리, 실생활 데이터 수집의 원리, 데이터 변형의 원리, 데이터 해석의 원리, 문제 구체화의 원리, 문제 해결의 원리, 표현과 공유의 원리 등 7가지 전략을 개발하였다(Table 1). 이때 학교 현장의 적용성을 높이기 위해 교수 전략과 환경 구성을 분리하여 제시하였다.

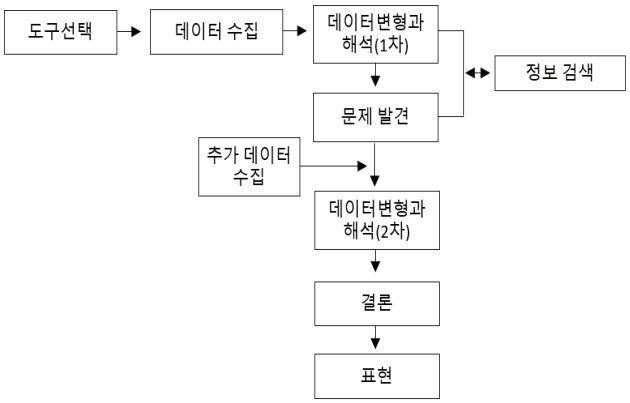


Figure 2. Early ESDA inquiry model

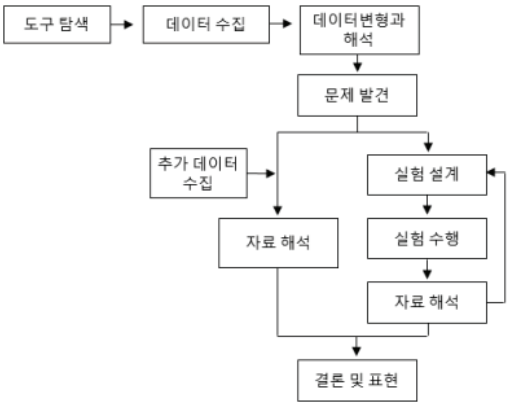


Figure 3. Completed ESDA inquiry model

Table 1. Teaching strategy of ESDA inquiry model

도구 탐색의 원리		
교수전략	• 도구에서 측정할 수 있는 변인(센서)의 수를 중학생은 2-3개, 고등학생 이상은 그보다 복잡한 형태의 데이터를 활용할 수 있게 한다.	Erwin, 2015
	• 익숙하고 간단한 형태로 데이터가 산출되는 도구를 제시한다. (예) 엑셀이나 텍스트 파일 형태	Songer *et al*., 2003; Cook, 2006; Chang *et al*., 2009; Ku, 2006
	• 교사가 도구를 제시할 경우는 도구의 기본 사용법은 교사가 지도하고, 학생이 도구를 선택한 경우는 학생 스스로 인터넷 검색, 사용설명서 등을 통해 익히도록 한다.	Doering & Veletsianos, 2008; Kim, 2018
	• 필요한 도구를 제작할 경우는 코딩, 3D 프린터 이용법 등의 제작 방법을 가르친다.	Hostaling *et al*.. 2012
환경구성	• 학생들이 원활하게 정보를 검색하며 탐구를 진행할 수 있는지 컴퓨터와 인터넷 여부를 확인한다.	
실생활 데이터 수집의 원리		
교수전략	• 학생들이 측정하고 싶은 장소를 선택하게 한다.	Rakes, 1996; Wyner *et al*., 2008; hulsizer & woolf, 2009
	• 수집되는 데이터의 측정 간격이나 측정 장소의 위치, 환경 등을 자세히 기록하게 한다.	Bell *et al*. 2003; Doering & Veletsianos, 2008; Kim *et al*., 2010

	• 교사는 주제에 관련된 기초 과학지식을 학생들이 익힐 수 있도록 지도한다.	Griffis *et al*., 2008; Ucar & Trundle, 2011; Gold *et al*., 2015
	• 데이터베이스의 사용법을 익히게 한다.	Qin & D'Ignazio, 2010a; Grimshaw, 2015; Ku, 2006; Kim, 2012
환경구성	• 센서를 설치하는 곳에 인터넷 여부를 확인한다. • 데이터베이스를 사용하기 위한 사전 준비사항 등을 미리 확인한다.	
	데이터 변형의 원리	
교수전략	• 수집된 데이터가 정확한지, 연속적으로 누적되어 있는지 확인하도록 한다.	Hostaling *et al*.. 2012
	• 데이터를 그래프 또는 도표로 변형할 수 있는 스프레드시트 프로그램 또는 데이터 모델링 프로그램에서 필요한 기능을 위주로 사용법을 가르친다. (예) 엑셀, 지오지브라	Hancock, 1992; Drier *et al*., 1999; Schuff, 2018; Kang, 2009; Kim, 2018
	• 다양한 그래프의 쓰임새와 예시를 제시한다.	Deluca, 2011; Schuff, 2018
환경구성	• 많은 양의 데이터를 변형하고 분석할 수 있을 만큼 성능이 좋은 컴퓨터를 준비한다. • 컴퓨터는 1~2인당 1대씩 준비하여 학생들이 직접 실습할 수 있도록 한다.	
	데이터 해석의 원리	
교수전략	• 도표나 그래프를 이용하여 상관관계에 대한 내용을 설명할 수 있게 한다.	Griffis *et al*., 2008; Chang *et al*., 2009; Krumhansl *et al*., 2012; Kim, 2016
	• 변인 사이의 관계를 서술할 때 기존 학습된 지식, 인터넷으로 검색한 과학지식 등과 연관지어 설명할 수 있게 한다.	Gagne *et al*., 1997; Jonassen, 1999 ; Griffis *et al*., 2008; Shim & Ryu, 2018
	• 정보원에 대한 교육, 정보 검색의 원리 교육, 정보 검색의 전략 등을 미리 학습시킨다.	ALA, 2000; Eisenberg & Berkowitz, 2008
	• 실제 데이터를 이용한 통계, 그래프 등을 이용하여 데이터에서 의미를 찾아내는 활동을 연습하게 한다. (예) trends.google.co.kr, www.gapminder.org/tools/ 등의 사이트를 이용하여 데이터 해석 및 추론을 연습할 수 있도록 한다.	Cobb & McClain, 2004; Hostaling *et al*.. 2012; Schuff, 2018
환경구성	• 학생들이 원활하게 정보를 검색하며 탐구를 진행할 수 있는지 컴퓨터와 인터넷 여부를 확인한다.	
	문제 구체화의 원리	
교수전략	• 데이터 해석 과정에서 발생한 질문 중 인터넷 검색, 자료 조사 등을 통해 답을 찾을 수 있는 문항은 문제 선정에서 제외한다.	Vahey *et al*., 2012; Ceccucci *et al*., 2015
	• 실험이나 활동을 통해 문제를 해결할 수 있도록 구체적으로 문제를 서술하게 한다.	King, 1992; NRC, 1996; Moore *et al*., 2006; Park, 2004
	• 데이터를 해석한 내용과 적힌 질문을 구체적으로 서술하게 한다. (예) 정확하게 어떤 점이 궁금한가? 왜 궁금증이 생겼는가?	Stepien *et al*., 2000; Hakkarainen, 2002; Saltz & Heckman 2016
환경구성	• 학생들이 원활하게 정보를 검색하며 탐구를 진행할 수 있는지 컴퓨터와 인터넷 여부를 확인한다.	
	문제 해결의 원리	
교수전략	• 데이터 분석 과정에서 찾아낸 결과가 다른 상황에서도 적합한지 추가적인 데이터를 수집하게 한다.	Griffis *et al*., 2008; Hostaling *et al*.. 2012
	• 데이터를 수집할 때는 탐구 문제를 고려하여 측정 간격과 기간을 정할 수 있도록 지도한다.	Griffis *et al*., 2008; Hostaling *et al*.. 2012; Brogan *et al*., 2016
	• 통제 변인과 조작 변인을 고려하여 데이터를 수집한다.	Hostaling *et al*.. 2012
	• 수집한 데이터의 결과와 과학적 지식을 연계하여 해석할 수 있도록 한다.	Chang *et al*., 2009; deLuca & Lari, 2011; Ucar & Trundle, 2011; Wyner, 2013
	• 충분한 논의시간을 확보하여 학생들이 깊이 있는 논의를 진행할 수 있게 한다.	NRC, 1996; NRC 2000; Han, 2002
환경구성	• 학생들이 원활하게 정보를 검색하며 탐구를 진행할 수 있는지 컴퓨터와 인터넷 여부를 확인한다. • 센서를 설치하는 곳의 인터넷 여부를 확인한다. • 데이터베이스를 사용하기 위한 사전 준비사항 등을 미리 확인한다.	
	표현과 공유의 원리	
교수전략	• 인터넷 검색 또는 탐구 결과 새롭게 알게 된 사실이나 지식을 웹문서로 기록하고, 쉽게 공유하게 한다.	Barker, 2009; Griffis, 2010; Hostaling *et al*., 2012
	• 표현 수단이 되는 웹문서나 소프트웨어는 정해진 프레임이 있어 사용 방법이 간편하고, 다양한 형태의 파일을 포함할 수 있는 것을 활용한다. (예) sites.google.co.kr 이나 망고보드, x-mind zen 등의 소프트웨어를 이용한다.	NRC, 2006; Zhu, 2012; Tyner, 2014; Kim, 2016; Kim, 2018; Seo & Ahn, 2019
	• 효과적으로 정보를 전달할 수 있도록 다양한 형태의 자료를 활용할 수 있도록 안내한다.	Schuff, 2018; Kim, 2015; Park, 2018
	• 효과적인 표현법의 전략을 익히고, 모방을 통해 연습하게 한다.	Schuff, 2018; Hwang, 2002
환경구성	• 표현 수단이 되는 웹문서나 소프트웨어를 미리 설치하거나 계정을 만들도록 한다. • 사용하는 컴퓨터의 사양에서 활용 가능한 형태의 소프트웨어인지 사전 확인하도록 한다.	

2. 내적 타당화

내적 타당도 검사 결과 Table 2와 Table 3에서 볼 수 있듯이 탐구 모형과 수업 전략 모두 CVI 0.8 이상으로 타당하다고 판단할 수 있었다. 평가자간 일치도를 확인하는 IRA 역시 수업 모형과 전략 모두 0.8로 신뢰할 수 있다. 모형이 보편적으로 적용될 수 있는가를 묻는 문항에서 전문가들의 의견이 가장 많은 차이를 보였고, CVI 값이 평균보다 적게 나왔다. 이러한 결과의 원인은 면담을 통해 확인하였으며, 직업군에 따라 의견이 크게 갈리는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 내적 타당화를 위한 전문가 집단은 교육공학 전문가, 과학교육 전문가, 현장교원 3인 등 총 5인으로 연구자의 시선과 현장 교사의 시선이 확연히 다름을 확인할 수 있었다. 연구자 집단의 경우 수업 절차가 너무 세부적이므로 보편적으로 적용하기가 쉽지 않을 것이라고 생각하였다. 이에 반해 현장 교원 전문가의 경우 본 모형이 데이터를 수집하고 분석하는 과정이 2회에 걸쳐 진행되므로 수업시간에 적용하는데 무리가 있을 것이라는 판단과 수업 전략이 지금보다 더 세부적일 때 오히려 보편적으로 적용가능하다고 언급하였다. 보편성에 대해 전문가들의 시각이 상반되었는데, 본 모형은 학교 현장에 적용을 목표로 하고 있으므로 현장 전문가의 자문을 토대로 전략을 좀 더 세분화하였다.

3. 외적 타당화

가. 귀납적 탐구 과정 적용

귀납적 탐구는 Table 4와 같이 외적 타당화 과정을 실시하였다. 각 모형의 단계에 맞는 학습자 활동이 이루어졌으며, 본 모형에서 의도하는 지식정보처리역량 함양의 여부를 요소별로 나누어 검증하고, 과학 탐구의 측면에서 학생들이 겪은 어려움과 효과성을 확인하였다. 타당화 과정 중에 드러나는 교수 학습 과정의 문제는 수업전략에 반영하여 수정하였다.

정보 수집은 모형의 도구 선택, 문제 발견과 데이터 해석, 탐구 설계 및 데이터 수집 등 전 과정에 걸쳐 일어났다. 학생들은 탐구 초기 정보원을 충분히 알지 못하고 정보 수집을 체계적으로 하지 못하였으며, 데이터 수집을 위한 디지털 탐구 도구 선택에 어려움을 겪었다. 학생들이 사용하는 정보원은 Vibert *et al*.(2009)의 연구에서와 같이 매우 제한적이었으며 특정 정보원만을 선호하였다. 하지만 탐구 과정에서 교사의 스캐폴딩과 동료와의 논의를 통해 정보 수집 역량이 함양됨을 확인할 수 있었다. 예를 들어 필요한 정보가 무엇이고, 정보 검색원이 어디인지 동료와의 지속적인 논의를 통해 정보원을 공유하고 정보 수집의 체계성을 확보하였다. 학생들은 도구의 기능이나 한계, 사용법에 대한 정보를 수집하면서 탐구 방법을 변형하기도 하였으며, 수집하는 정보의 종류를 탐구 주제에 맞게 선별하여 체계적으로 정리하였다.

Table 2. Internal validity result of ESDA inquiry model

항목	평가문항	전문가					평균	CVI	IRA
		A	B	C	D	E			
타당성	본 절차 모형은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업 모형으로 타당하다.	3	4	4	4	3	3.60	1	0.8
설명력	본 절차 모형은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업을 진행하는 단계들을 잘 설명하고 있다.	4	4	3	4	3	3.60	1	
유용성	본 모형은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업 설계 시에 유용하게 활용될 수 있다.	4	4	4	4	3	3.80	1	
보편성	본 모형은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업을 할 때 보편적으로 적용될 수 있다.	3	3	4	4	2	3.20	0.8	
이해도	본 모형은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업을 할 때 필요한 단계가 이해하기 쉽게 표현되어 있다.	3	4	4	3	3	3.40	1	

Table 3. Internal validity result of teaching strategy

항목	평가문항	전문가					평균	CVI	IRA
		A	B	C	D	E			
타당성	본 수업전략은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업 전략으로 타당하다.	3	4	4	4	3	3.60	1	0.8
설명력	본 수업전략은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업 전략들을 잘 설명하고 있다.	3	3	4	3	3	3.20	1	
유용성	본 수업전략은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업 설계 시에 유용하게 활용될 수 있다.	3	4	4	4	3	3.60	1	
보편성	본 수업전략은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업을 할 때 보편적으로 적용될 수 있다.	2	3	4	3	3	3.00	0.8	
이해도	본 수업전략은 지식정보처리역량을 위한 데이터 기반의 탐구학습을 위한 수업을 할 때 이해하기 쉽게 표현되어 있다.	3	3	4	4	2	3.20	0.8	

Table 4. Inductive Inquiry of ESDA inquiry model

	단계	학습자 활동
❶	도구탐색	• 교사가 탐구 소재를 먼저 선정하고 디지털 도구를 구입함 • 학생은 구입한 센서의 사용법을 여러 자료를 통해 익히고 엑셀 형태의 데이터를 다운받는 방법을 배움
❷	데이터수집	• 학생은 센서를 교실에 설치하고 일주일간 데이터를 수집함
❸	데이터 변형과 해석	• 학생은 동영상이나 동료 학습을 통해 엑셀을 학습함 • 학생은 변인을 선택하여 경향성 분석을 시도함
❹	문제 발견과 수립	• 학생은 그래프나 데이터를 분석하면서 예측하지 못했던 결과나 경향성에서 벗어난 문제들을 발견함 • 학생은 여러 변수 중 변인선택 및 문제 구체화를 통해 추가적인 데이터 수집 계획을 세움 • 학생은 관련 신문기사나 논문 자료를 동아리 카페에 올리고 주목할 점, 알게 된 점 등을 기록하여 공유함 • 교사는 학생의 질문에 답하고, 과학 용어의 이해를 도움
❺	귀납적 탐구	• 학생은 주제가 결정되고 난 후, 기존 데이터에 추가적으로 창문 개폐 여부, 학생 유무, 에어컨과 선풍기 작동 여부 등에 대한 자료를 추가로 수집하면서 다시 미세먼지를 2주일간 측정함 • 학생은 측정한 데이터를 일별로 나누어 그래프를 그리고, 시간표, 창문 개폐 여부, 냉방기 여부와 연관 지어 분석함
❻	결론 및 표현	• 학생은 결과를 소프트웨어를 활용하여 인포그래피로 나타내고 한글 문서와 파워포인트를 이용하여 보고서 작성함 • 학생은 한 페이지 정도의 포스터를 만든 후 오프라인 미팅 과정에서 논의를 통해 포스터의 부족한 부분을 보완함

정보 분석 과정에서 학생들은 스프레드시트 프로그램 사용법을 알지 못해 자료 변형이 대부분 불가능하였으며 그래프의 요소와 의미, 다양한 그래프의 기능 등을 알지 못해 실험 결과 분석이 쉽지 않았다. 또한 정보를 연계하여 과학적 결과를 해석하는데 어려움이 있었다. 예를 들어 미세먼지와 여러 변인간의 연관성을 찾지 위해서는 기존의 과학지식을 토대로 연관성을 추측할 수 있는 변인을 묶어 하나의 그래프에 나타내어 근거를 찾아야 한다. 하지만 부족한 기초 지식으로 인해 변인간의 연계성을 추측하는데 한계가 있었다. 두 변인을 연결하고 자료를 변화하는 것은 추상적 사고를 요구하므로(Kim *et al*., 2002), 이는 다른 역량의 함양과 함께 유기적으로 고민되어야 할 부분임을 뜻한다. 마지막으로 정보와 데이터의 가치와 진위를 판단하는 과정을 거치지 않고 주어진 정보를 모두 그대로 믿는 경향이 있었다. 데이터 탐구를 수행하면서 학생들은 소프트웨어를 이용하여 정보를 분석하는 능력이 향상되었으며, 결과적으로 모든 학생들이 소프트웨어를 활용하여 상황과 목적에 맞게 데이터를 변형할 수 있었다. 동아리 동료와의 논의를 통해 적절한 그래프의 형태를 찾고 축변환, 눈금간격 변환, 그래프 형태 등 정보를 효과적으로 전달하고 분석하기 위해 그래프를 변형할 수 있었다(Figure 3).

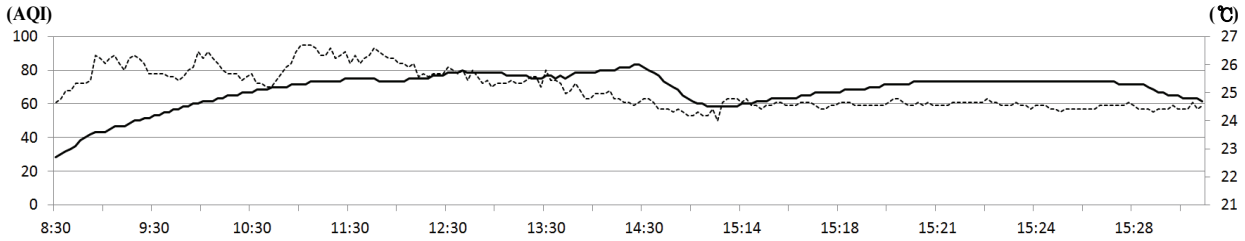
B: 3일 동안 그래프를 한꺼번에 그렸는데, 그러니까 시간이 잘 안보이네. 시간 축을 x축으로 그렸네. 난 y축으로 그렸는데...
A: 축은 바꾸면 돼.
C: 난 일별로 그렸어.
B: 나도 다시 날짜별로 잘라서 그려야겠다.

학생들은 도구를 이용해 데이터를 수집·분석하고, 귀납적 탐구를 위해 추가적으로 데이터를 수집·분석하는 순환 구조를 거치면서 자신들의 과학적 탐구 과정을 피드백하여 발전할 수 있었고 다양한 요인간의 상관관계를 고려하며 탐구 과정을 수립하였다.

B: (창문을) 닫으면 올라가나? 문 하나 가지고 이렇게 달라질까?
A: 그럼 일단 적어놓고 다른 데이터를 찾아보자. 이렇게 창문 닫으면 올라가는 구간이 많으면 창문이 영향이 있다는 거니까.

정보의 활용 관점에서 볼 때, 학생들은 도출한 결과를 충분히 조직화하지 못하였다. 특히, 정보 활용은 정보 분석의 그래프 그리기와 달리 정보의 전달력에 초점을 맞추어야 하는데 주관적인 관점이 투영되기 때문으로 개인의 심미적 역량에 의존하는 경향이 있다. 포스터 제작과 보고서 작성 활동에서 학생들은 결과와 결론, 과정을 논리적이고 체계적으로 기술하는 방법에 익숙하지 않았으며 가독성 있는 표현이나 미적인 감수성이 드러나는 포스터 제작에 어려움을 겪었다. 표현의 효과성은 다른 작품에 대한 감상을 통해 개선해 나갈 수 있었으며, 표현 능력이 뛰어난 동료 학생의 조언을 통해 메시지의 명확성과 가시성이 개선되었다.

과학적 탐구의 측면에서 탐구 초기에는 낯선 도구와 방대한 양의 데이터로 인해 학생들은 여러 어려움을 겪었으나 추가 자료 수집과 해석 과정에서는 탐구 활동을 주도적으로 진행하는 모습을 관찰할 수 있었다. 하나의 주제로 반복되는 형태의 실험 과정을 진행하면서 실험 설계를 지속적으로 수정해 나감으로써 탐구 능력을 향상할 수



(··· : AQI 지수(공기의 질을 나타내는 지수), ― : 온도)

Figure 4. A graph drawn by a student

있었다. 특히 타당성 있는 결론을 얻기 위해 추가적으로 필요한 자료의 종류와 기록 방법, 범위까지 논의를 통해 해결 방안을 찾아가는 모습을 보였다.

A: 애들이 가만히 두지도 않을 것 같아요. 옆에서 계속 있을 것 같고
B: 그런데 어차피 미세먼지, 창문을 열었을 때랑 닫았을 때, 시간표 같이 실제 상황을 다 고려해서 데이터 분석할거잖아.
A: 그럼 내가 창문이 열렸는지를 기록해 둘게

데이터를 분석하는 과정에서 과학적 질문의 수가 증가하고 가설을 구체적으로 설정할 수 있었다. 선행 연구(Jung *et al*., 2011; Shim & Ryu, 2018)에서와 같이 대부분의 학생들은 주제 선택에 부담감을 느끼지만, 도구 선택이나 자료 분석과 같은 구체적 활동을 먼저 진행하면서 데이터에 대한 더욱 친숙하게 접근할 수 있었다. 또 수치화된 데이터의 이상 변화를 관찰하면서 수많은 과학적 질문을 찾고, 이에 대한 가설을 쉽게 세울 수 있었다. 예를 들어, 이산화 탄소가 갑자기 증가하는 그래프를 보고 이것의 원인을 학생들의 움직임, 시간표, 에어컨 가동 여부, 창문의 개폐 여부 등 다양한 요인 속에서 찾아갔으며, 이와 관련된 정보를 수집하고 원인 관계를 확인하기 위한 실험을 계획하였다. 마지막으로 실생활 맥락의 실제적 데이터를 사용하므로 자신의 생활과 쉽게 연관되면서, 탐구 결과의 해석을 쉽게 하였고, 과학적 호기심을 빈번하게 보였다.

(교실의 미세먼지와 습도와의 관계를 알아보던 중)
A: 이날은 서울 비 왔어. 한번 (기상청 자료)습도 봐봐.
B: 야 뭐야. 이날 백령도랑 서울이랑 습도가 똑같은데 한 곳은 비가 오고 한 곳은 비가 안 와. 신기해.

C: 이거 한 10분이 난리 났네. 청소하고 창문은 닫은 채로, 애들 움직이고, 변인이 너무 많다.
A: 똑같이 해서 창문 열고 해보고 싶다. 이거 똑같은 조건에서 창문 열고 해볼까?

탐구 주제를 분석 과정 중에 생각하고, 탐구 주제 이외의 간단한 실험 설계를 하거나 기존 학습했던 과학 지식과 연결해서 생각하는 등 과학적 탐구 역량이 함양되는 모습을 확인할 수 있었다. 또한 일반적으로 학교 탐구에서 수행되는 흐름이 정해진 과학탐구의 순서가 아니라 Robinson(2004)의 바퀴모형과 같이 탐구의 순환구조가 재생되면서 학생들이 반복적으로 탐구 활동을 진행할 수 있었다.

나. 연역적 탐구 과정 적용

연역적 탐구의 학습자 활동은 Table 5와 같이 모형의 단계에 맞추어 총 18시간 동안 진행되었다. 귀납적 탐구 적용과 달리 데이터를 수집하고 분석하는 과정에서 문제를 발견하고, 이를 가설로 발전시켜 통제변인, 조작변인, 독립변인을 갖춘 연역적 탐구 형태로 적용하였다. 연역적 탐구 적용 과정은 귀납적 탐구 적용 과정과 달리 도구를 직접 제작하여 활용하였다. 기존 시판되는 도구의 경우 센서가 다양하지 않아 탐구 활동에 적용하는데 한계가 있었기 때문으로 아두이노

Table 5. Deductive Inquiry of ESDA inquiry model

단계		활동
❶	도구탐색	• 교사는 학생들에게 아두이노를 이용한 디지털 탐구도구를 만들기 위해 코딩 언어를 가르침 • 교사는 data.tinkable.net 사이트에 등록하여 데이터 다운로드 법을 가르침 • 학생들이 센서 3가지를 아두이노 보드에 설치하고, 교사는 이와 관련된 탐구 사례를 제시함
❷	데이터수집	• 학생은 아두이노 코드를 변경하여 얼마 간격으로 측정할 것인지 정하고, 원하는 곳에 아두이노 장치를 설치함
❸	데이터 변형과 해석	• 교사는 일주일간 수집된 과학실과 교실 조도, 이산화탄소, 온도, 습도 데이터를 엑셀 파일 형태로 변환하여 제공함 • 학생은 엑셀 파일을 이용하여 데이터를 다양한 형태의 그래프로 변환하고 경향성, 변인 사이의 관계를 모둠 논의를 통해 파악하고 알게 된 사실을 서술함
❹	문제 발견과 수립	• 교사는 데이터를 해석하는 과정에서 발생한 질문을 쓰게 하고 뉴스나 신문기사를 함께 검색하도록 지도함 • 학생은 인터넷 검색을 통해 질문에 답을 찾을 수 있는 경우는 찾아서 적고 그렇지 못한 경우 질문을 구체화시킴
❺	연역적 탐구	• 교사는 학생에게 인과관계에 대한 문제가 발생했을 경우 실험을 설계하고, 수행하도록 유도함 • 학생들은 실험을 수행하며, 디지털 탐구도구 및 그 외 탐구 도구를 활용하도록 함
❻	결론 및 표현	• 교사는 sites.google.co.kr 사이트에 학생들에게 등록하도록 하며, 실험 목적과 과정, 결과를 사이트에 적도록 함 • 학생들은 각 회기마다 자신들이 작성한 산출물을 발표하고, 공유하면서 동료평가를 실시함

Table 6. Self-evaluation results according to components of Knowledge-information processing competency

요소	활동	평균(n=11)	표준편차
정보 수집	코딩을 통해 자신이 필요한 과학탐구 도구를 제작하는 활동	3.6	0.49
	정확한 사이트에서 필요한 정보를 찾는 활동	3.6	0.49
	데이터의 정확도를 논의하거나 이상 유무를 판단하는 활동	3.9	0.3
정보 분석	엑셀을 이용해 데이터를 변환하는 활동	3.7	0.46
	데이터를 살펴보고 그 의미를 찾아보는 활동	3.8	0.4
	데이터를 살펴보면서 궁금한 점을 생각해보는 활동	3.9	0.3
정보 활용	소프트웨어(sites.google.com)를 사용하여 생각을 표현하는 활동	3.6	0.49
	결과를 이해하기 쉽고 보기 좋은 디자인으로 구성하는 활동	3.6	0.49

를 이용하여 학생들이 직접 탐구 도구를 제작하여 진행하였다.

귀납적 탐구의 타당화 과정과 유사하게 지식정보처리역량의 요소별로 학생 활동을 분석하고, 과학 탐구의 효과성을 확인하였다. 모든 수업을 마치고 학생들은 4점 척도의 수업 만족도와 자기평가 설문을 실시하였는데, 지식정보처리역량에 대한 설문 결과에 대해 대체로 긍정적으로 답하였고 정보 분석에 대한 항목에서 높은 점수를 보였다 (Table 6). 역량 함양 측면에서는 대체로 스스로의 역량이 증가했다고 생각하였고, 특히, 과학 탐구 역량, 창의적 문제해결 역량, 의사소통 역량이 다른 항목에 비해 높게 나타났다.

정보 수집 측면에서는 수집 도구에 대한 이해 부족과 수집 환경의 인프라 부족으로 어려움을 겪었다. 본 연구에서 '정보'는 데이터의 의미를 포함하고 있으므로, 데이터를 수집하기 위한 도구에 대한 이해를 정보 수집의 관점으로 분석하였다. 대부분 코딩 언어를 처음 접해본 학생들로서 처음에 어려움을 호소하였으나 완성된 코드를 제공하여 코드의 일부만 변형하도록 하고, 쉬운 코드부터 단계별로 익히게 함으로써 어려움을 해소할 수 있도록 하였다. 또한 도구와 센서에 대한 정보를 미리 제공함으로써 학생들이 가능한 정보 수집의 범주를 가늠할 수 있도록 지도하였다. 이 과정에서 새로운 도구와 언어를 사용하는데서 오는 불편함을 감소시키기 위해서는 교사의 스캐폴딩이 중요함을 확인할 수 있었다. 탐구의 초반에는 도구 관련 정보나 정의, 일반적 수준의 지식과 뉴스 등에 대한 검색을 많이 했을 때 탐구가 진행될수록 과학지식과 관련된 탐색이 주를 이루었다. 따라서 탐구 과정에 따라 적절한 정보원을 제공해줄 수 있어야 한다.

문제를 발견하는 거에는 저희가 기구를 직접 만들어서 하기도 하고 문제 뭐가 다른 건지도 저희가 직접 찾아냈잖아요. 원래는 주어지거나 그런데, 그걸 생각하는 것도 새로워서 좋았어요. 이게 좀 더 아까도 얘기했지만 제가 뭘 한다는 게 더 큰 느낌이고 그것 때문에 성취감도 더 컸고 기계를 만들고 코딩 한다고 치면 무거운 느낌인데 지금은 좀 가벼워진 거 같아요. 부담감이...

학생 C

정보 분석 측면에서 학생들은 데이터 변형과 처리에 대한 소프트웨어 사용에 익숙하지 않았다. 엑셀 프로그램을 이용하였으며 기본 기능에 대해 1시간 동안 설명하였고, 데이터를 이용하여 그래프 그리는 방법, 그래프 변형 방법, 그래프의 용어 등 데이터 변형 과정에 많이 사용되는 기능 위주로 교육하였다. 하지만, 엑셀 활용 수업을 하고 난 후에도 불필요하거나 분석할 수 없는 형태의 그래프를 그리는 등 소프트웨어의 기능 활용을 넘어선 과학적 탐구력이 활용됨을 확인할 수 있었다. 탐구가 진행될수록 학생들은 다양한 데이터를 여러 형태로 변형해보며, 스스로 기능을 익히고 자신만의 방법을 익혀 그래프를 변형하고 해석하였다. 결과를 해석하는 과정에서 축의 간격에 따른 사실의 왜곡이나 과장이 가능하다는 사실을 학생들이 스스로 깨닫고 수정하기도 하였다.

결과 분석 과정 초기에 학생들은 데이터의 의미를 파악하는 활동의 의미를 파악하지 못하였으므로 교사는 학생들이 관심을 가질 수 있는 데이터를 이용해 알게 된 사실과 알고 싶은 사실을 적게 함으로써 '데이터 해석' 이 의미하는 것이 무엇인지 구체적으로 안내할 필요가 있었다.

그 그래프만 보고 '어떤 상황이 있었을 거다' 라고 예측하는 게 재미있었어요. 그치만 처음에 예시로 주신 질문이 없었다면 어려웠을 거 같아요. 그냥 학생들한테 이렇게 질문해봐라 해서 (지금처럼) 수업할 때는 애들한테 좀 더 편할 거 같아요. 그래서 나중에 가설세우고 할 때 훨씬 편할 거 같아요.

학생 B

또한 학생들은 어떤 변인의 데이터를 선택하고 변인 간 관계를 유도할지에 대한 어려움이 있었는데, 이는 과학적 지식의 축적과 데이터 통찰력이 기본이 되어야 한다. 결과적으로 데이터 기반의 과학 탐구 활동을 통해 데이터 속의 의미를 찾는 통찰력을 키우고 실제적 데이터와 추상적 지식의 연계 고리를 강화할 기회가 학생들에게 충분히 제공되어야 할 필요가 있다. 게다가 실제적 데이터의 경우 실험실 상황에서 수집된 데이터에 비해 비정형적인 특성을 갖기 때문에 학생들은 다양한 해석이 가능함을 어려움으로 꼽았다. 이는 과학의 본성과 관계된 것으로 토론 활동을 통해 데이터의 의미를 찾고 정교화하는 과정을 거쳤으며, 부족한 과학 지식을 파악하기 위해 능동적으로 책이나 인터넷을 검색하거나 교사에게 질문하는 등 과학적 사고의 과정을 엿볼 수 있었다.

기존의 과학탐구보다 조금 더 생각을 깊게 하고 다양한 시각으로 접근을 해보고 이것저것 많이 해볼 수 있었던 거 같아요. 기존의 것은 딱 틀에 박혀서 주제가 이거고 이런 내용이면 이런 실험을 하는 게 정해져 있었다면 지금 같은 경우에는 코딩 하는 것만 적혀 있는 대로 하고 그 다음에 문제제기하고 탐구하고 하는 건 저희가 한 거잖아요. 그러다 보니까 이런 실험을 해보자, 아니면 이러면 어떨까? 그런 생각하는 과정들이 재미있었던 거 같아요.

학생 D

정보 활용 측면에서는 학생들이 자유롭게 생각을 표현할 수 있으며, 개인의 미적 역량에 따라 결과가 크게 달라지지 않도록 반구조화된 플랫폼을 활용하였다. sites.google.com은 웹기반 플랫폼으로 공동 작업이 가능하며 동영상이나 사진 삽입이 간편하여 동적인 자료가 포함된 보고서 작성이 가능하였다.

레이아웃이 돼 있으니까 깔끔하게 동영상이나 사진 집어넣고 안 불편하게 다 집어넣어서 만들 수 있는 거 같아요. 자기가 필요한 자료들을 사진, 동영상 다 집어넣어가지고 엑셀, 워드나 한글은 링크 같은 걸로 해야 되는데 아예 동영상이 바로 들어지니까 좋은 거 같아요.

학생 E

학생들은 종이 형태의 보고서에 비해 작성을 간편하다고 생각하였으며, 영상이나 신문기사 등을 바로 활용하여 탐구의 동기나 과정, 결과 등을 작성할 수 있기 때문에 결과 전달에 있어 더욱 효과적이라고 생각하였다. 기술이 발전하면서 기존 종이 형태의 산출물에서 벗어나 다양한 콘텐츠를 포함할 수 있는 정보활용 도구를 사용함으로써 관련 역량 함양을 도울 수 있었다.

과학탐구측면에서 학생들은 '자연스러운 탐구' 를 진행할 수 있다고 표현하였다. 이미 수집된 데이터를 보며 이상여부를 확인하고, 떠오른 질문을 토대로 가설을 세우고, 이를 탐구하는 과정을 통해 결과를 도출하는 일련의 탐구 과정은 가설을 먼저 설정해야 하는 기존 탐구에 비해 학생들의 사고 흐름대로 탐구를 이어갈 수 있어 학생의 부담을 감소시킬 수 있었다(Table 7). 이때 학생들이 다음 단계로 쉽

Table 7. Students' inquiry process of ESDA inquiry model

항목	A 모둠	B 모둠
데이터	과학실과 교실의 조도 데이터	과학실과 교실의 온도 데이터
해석	조도가 100이상이면 교실 불이 켜있고, 밤엔 0이다. 그런데 20이 나타나는 이유는 무엇일까?	과학실과 교실의 온도 차이가 크다.
질문	조도 16이면 얼마나 밝은 것일까?	창의 방향에 따라 실내 온도 차이가 클까?
검색 및 추론	비상등 정도의 밝기이다. 따라서 주변 건물 밝기일 것이다.	창문의 방향은 온도에 큰 영향을 미치지 못한다.
추가데이터확인	이산화 탄소 농도 데이터	과학실과 교실의 조도 데이터
가설 (문제)	이산화 탄소 양을 측정하고 사람의 유무를 판단하여 사람이 없지만 형광등이 켜져있을 때, 형광등을 자동으로 끄는 센서를 만들 수 있다.	햇빛이 학업에 영향을 줄 까 ?
실험 방법	이산화 탄소, 조도 센서를 강의실에 설치하고 일주일간 데이터를 측정한 후 시간표와 비교하여 결론을 도출한다.	신진대사가 활발해지면 이산화 탄소의 양이 증가할 것이므로 햇빛이 들어오는 밀실에서 수학 문제를 푼 학생이 있는 방이 이산화 탄소량이 더 많고 수학 문제도 빨리 풀 것이다.

게 넘어갈 수 있도록 교사는 전략적 스캐폴딩을 제시할 수 있어야 한다.

원래 과학 탐구를 해봤거든요? 두 번 정도 했는데 그땐 너무 막막한 거예요. 왜냐하면 이렇게 원인 결과 찾아서 짜임새 있게 다 이어가면서 선생님이 그렇게 활동을 하셨는데 그때는 그렇게 활동을 하는 게 아니었으니까, 가설도 뭐하지? 뭐하지? 겨우 생각해 가지고 그랬을 때는 진짜 힘들어 가지고 과학 탐구 하기 싫었었거든요? 이번에 3주 동안 선생님이 이렇게 해서, 이렇게 해서 하자 해서 그냥 따라갔잖아요. 저희는 따라간 대로 하니까 다 거기서 내용이 또 나오고 그 내용이 별로 힘 안 들이고 원래 찾았던 거에서 또 찾고, 찾고 하면 되니까 이번 활동으로 한 과학 탐구는 재미있게 했어요. 안 힘들고

학생 B

자연스러운 흐름의 탐구와 더불어 6시간 동안의 허용적 탐구활동 분위기는 학생들의 과학탐구에 대한 흥미를 불러일으킬 수 있었다. 대부분의 학생이 매우 적극적으로 참여하였으며 면담결과 학생의 자율성이 인정되는 분위기와 스스로 탐구를 주도해 나간다는 책임감은 학생들로 하여금 최선을 다해 탐구를 수행하도록 하는 동기가 되었다.

Ⅳ. 결론 및 제언

지식정보화 시대에는 수많은 데이터가 생산되며, 이와 관련된 실생활 문제들이 발생한다. 따라서 학생들은 이러한 문제를 인식하고 해결책을 찾는 사회 구성원으로서의 역할을 수행하기 위해서는 지식정보처리역량을 함양해야 한다. 지식정보처리역량은 일반적인 소양 측면과 교과 맥락적 측면을 가지고 있으므로, 과학 교과에서도 지식정보처리역량을 함양할 수 있는 과학탐구 학습이 이루어질 필요가 있다. 이에 지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반의 과학탐구 모형과 수업전략을 개발하였다. 데이터 기반 과학탐구 모형은 이론적으로 지식정보처리역량 함양과 관계가 깊은 자원기반학습이론을 바탕으로 개발되었다. 모형과 수업 전략은 과학 탐구 이외에도 데이터 과학의 과정과 통계적 문제해결력 모형을 모두 참고하였는데, 이는 많은 양의 데이터를 다루는 과정과 데이터를 통해 의미있는 결과를 추출한다는 점에서 데이터 기반 과학탐구와 공통점을 갖기 때문이다(Schield, 2004, Ceccucci *et al*., 2015; Kim, 2016). 개발된 모형은 문헌연구를 통해 1차 개발하였고, 전문가 집단의 자문과 면담을 통해 내적 타당화 과정을 거쳤다. 이후 2회의 현장 적용을 통해 외적 타당화 과정을 거쳐 모형과 수업 전략을 수정하여 완성하였다.

완성된 데이터 기반 과학탐구 모형은 탐색적 과학 데이터 분석 탐구모형(Exploratoray Scientific Data Analysis Inauiry Model)으로 명명하고, 탐구단계는 도구탐색, 데이터 수집, 데이터 변형과 해석, 문제 발견, 연역적-귀납적 탐구, 결론 및 표현의 순으로 이루어진다. 일반적인 과학탐구와 달리 데이터를 먼저 수집하고 탐색하여 문제를 찾아내는 과정이 특징이다. 이는 현실적, 교육적, 학문적 측면을 고려한 것으로 학교 현장의 무선 인터넷 연결 상태 및 탐구도구 수준을 고려하고 빅데이터 형태를 경험하지 않은 학생에게 최대한 여러 번의 기회를 제공하기 위함이다. 마지막으로 데이터 과학과 과학탐구의 유사성을 바탕으로 데이터 과학의 탐색적 분석 과정을 과학탐구에 도입하여 지식정보처리역량을 강화하고자 하였다. 수업 전략은 최종 7가지 원리로 세분화 되었는데, 도구 탐색의 원리, 실생활 데이터 수집의 원리, 데이터 변형의 원리, 데이터 해석의 원리, 문제 구체화의 원리, 문제 해결의 원리, 표현과 공유의 원리이다. 각 원리는 탐구모형과 연계되어 있으며, 교수 전략 뿐 아니라 탐구를 수행할 수 있는 환경 구성의 조건을 포함하고 있어 현장 적용성을 높이고자 하였다.

본 연구는 과학을 현상의 원리를 설명하는 시각에서 출발하여, 데이터를 현상이 가진 의미를 내포하는 것으로 정의하였기 때문에 정보와 데이터의 의미를 명확하게 구별하여 사용하지 않았다. 하지만 다른 관점에서 접근할 경우 지식정보처리역량과 데이터 리터러시의 개념을 모두 포함하고 있다는 점을 고려해서. 제한적으로 해석할 필요가 있다. 또한 지식정보처리역량의 함양 수준을 정성적으로 분석하고 영재학생을 대상으로 외적 타당화 과정을 진행했다는 한계를 가지고 있다. 하지만, 과학적 맥락에서 지식정보처리역량을 고민하고, 이것의 함양을 위한 실천적 대안을 제시했다는 점과 통계적 문제 해결 과정과 데이터 과학의 과정을 과학탐구라는 범주 안으로 끌어들였다는데 의의를 찾을 수 있다. 더불어 학교 과학탐구가 가진 한계를 넘어서고자 실생활 데이터를 활용하여 탐구를 진행하고 정돈되지 않은 데이터에서 의미를 찾는 등 실제적 탐구의 실천적 유형을 제안하였다.

위와 같은 연구의 한계와 의의를 고려하여 다음과 같이 제안하고자 한다. 첫째, 과학적 맥락에서 지식정보처리역량 함양을 위한 다양한 교육 활동을 실시하고, 이러한 활동 결과를 바탕으로 역량의 발달 단계와 단계별 활동 수준을 제시할 필요가 있다. 이러한 단계와 단계별 활동의 제안은 지식정보처리역량의 검사도구 및 단계별 교수학습

방법 개발의 기초가 될 수 있다. 둘째, 온라인에서 이루어질 수 있는 탐구의 형태로 변형하기 위한 연구가 가능하다. 본 탐구 모형은 웹환경을 구축하는데 많이 사용되는 자원기반학습 이론을 토대로 개발한 것이므로, 웹상에서 구현 가능한 형태의 과학탐구 모형으로 확대 할 수 있는 여지가 높다. 특히, 코로나 상황으로 온라인 탐구에 대한 요구가 많아지고 있는 요즘, 본 연구의 변형을 통해 온라인 수업을 통해서도 학생들의 과학적 탐구력을 높일 수 있는 방안을 찾을 수 있을 것이다. 셋째, 모형의 각 단계에서 일어나는 일반 학생들의 사고 과정에 대한 연구가 이루어져야 한다. 학생들이 탐구를 진행하면서 겪는 많은 어려움 중 짧은 시간에 개선하기 쉽지 않은 것은 어려움들이 있었으며, 이는 지속적인 교육이 필요하다. 사고과정에 대한 연구를 통해 일반 학생들이 단계별로 겪는 어려움을 파악하고 이를 감소하기 위한 PCK를 모색할 필요가 있다. 넷째, ESDA 탐구 모형은 융합교육에 적합한 모형으로, 실생활 문제에서 출발하여 다양한 교과의 지식을 필요로 한다. 따라서 융합교육의 하나의 유형으로 현장에서 진행할 수 있는 구체적인 교수학습 방안에 대한 연구가 필요하다. 더불어 학교 현장에서 원활하게 수행될 수 있도록 교수학습자료 및 교사연수 커리큘럼의 개발 등 확산을 위한 실천적 연구가 수반되어야 한다.

국문요약

지식정보화 사회가 되면서 기존과는 다른 유형의 사회 문제들이 발생하고, 이를 파악하고 해결하는데 필수적인 역량으로 지식정보처리역량을 꼽을 수 있다. 지식정보처리역량은 정보의 수집과 분석, 활용을 할 수 있는 역량으로 학문 분야에 따라 그 적용이 달라질 수 있으므로 일반 소양적인 측면과 교과 맥락적인 측면으로 나누어 교육할 수 있다. 과학에서의 지식정보처리역량 함양 교육은 이제까지는 일반 소양적인 측면에서 주로 실행됐으므로, 과학 탐구 활동을 통해 교과 맥락적인 측면에서의 교육이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 학교 현장에서 일반적으로 적용 가능한 지식정보처리함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형과 수업전략을 개발하였다. 모형과 수업전략은 설계・개발 연구방법론에 따라 문헌연구를 바탕으로 모형과 수업전략을 1차 개발하고 전문가의 조언을 듣는 내적 타당화 과정과 실제 현장에 적용하는 외적 타당화 과정을 통해 수정, 개선하여 완성하였다. 자원기반학습 이론을 바탕으로 과학탐구 모형, 데이터 과학의 특징, 통계적 문제 해결력 모형에 대한 문헌 연구를 실시하였고, 전문가 5인의 자문을 받아 CVI, IRA 값을 구하고 면담을 통해 모형과 전략을 개선하였으며 두 번의 외적 타당화 과정을 거치며 현장 적용성 높은 모형과 전략을 완성하였다. 본 연구에서 개발한 모형은 탐색적 과학 데이터 분석 탐구모형(Exploratory Scientific Data Analysis Inquiry Model, 이하 ESDA 탐구모형)으로 학교의 상황에서 실행가능한 도구를 먼저 선택하고 데이터를 수집하며, 그 후 분석 과정에서 질문을 찾고, 이를 새로운 가설로 설정하여 또 다른 탐구를 진행하는 형태를 갖는다. 수업 전략은 최종 7가지 원리로 세분화 되었는데, 도구 탐색의 원리, 실생활 데이터 수집의 원리, 데이터 변형의 원리, 데이터 해석의 원리, 문제 구체화의 원리, 문제 해결의 원리, 표현과 공유의 원리이다. 각 원리는 탐구 모형과 연계되어 있으며, 교수 전략 뿐 아니라 탐구를 수행할 수 있는 환경 구성의 조건을 포함하고 있어 현장 적용성을 높이고자 하였다. 본 연구는 일반적인 대규모의 학생을 대상으로 양적 연구를 실시하지 못했다는 한계가 있으나 지식정보처리역량을 과학탐구의 관점에서 접근하여 실제적 모형과 전략을 개발했다는 점에서 의의가 있다.

주제어 : 데이터 기반 과학탐구, ESDA 탐구모형, 지식정보처리역량, 데이터 리터러시

References

AAAS(American Association for the Advancement of Science) (1990). Science for all Americans. New York: Oxford University Press.

Adams, M. D., DeLuca, P. F., Corr, D., & Kanaroglou, P. S. (2012). Mobile air monitoring: Measuring change in air quality in the city of Hamilton, 2005-2010. Social indicators research, 108(2), 351-364.

ALS(American Library Association) (2000). Information literacy competency standards for higher education. http://www.ala.org/acrl/ilstandardlo.html.

Arends, R. I. (1998). Learning to teach(4th ed). Boston: McGraw Hill

Barker, L. J. (2009). Science teachers' use of online resources and the digital library for Earth system education. In Proceedings of the 9th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries ACM. pp. 1-10.

Behrens, S. J. (1994). A conceptual analysis and historical overview of information literacy. College & Research Libraries. April, 309-322.

Bell, R. L., Blair, L. M., Crowford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school studentes' understandings of the nature of science and scientific inquiry. Journal of Research in Science Teaching, 40(5), 487-509.

Brickman, P., Gormally, C., Francom, G., Jardeleza, S. E., Schutte, V. G., Jordan, C., & Kanizay, L. (2012). Media-savvy scientific literacy: Developing critical evaluation skills by investigating scientific claims. The american biology Teacher, 74(6), 374-379.

Brogan, D. S., McDonald, W. M., Lohani, V. K., Dymond, R. L., & Bradner, A. J. (2016). Development and Classroom Implementation of an Environmental Data Creation and Sharing Tool. Advances in Engineering Education, 5(2), 1-34.

Brown, C., & Krumholz, L. R. (2002). Integrating information literacy into the science curriculum. College and Research Libraries, 63(2), 111-123.

Butler, S. M., & McMunn, N. D. (2006). A Teacher's Guide to Classroom Assessment: Understanding and Using Assessment to Improve Student Learning. Greensboro, NC:Jossey-Bass.

Carlson, J., Fosmire, M., Miller, C. C., & Nelson, M. S. (2011). Determining data information literacy needs: A study of students and research faculty. Libraries and the Academy, 11(2), 629-657.

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(4), 64-70.

Chang, B., Wang, H. Y., & Lin, Y. S. (2009). Enhancement of mobile learning using wireless sensor network. IEEE Learning Technology Newsletter, 11(1-2), 22-25.

Charmaz, K. (2006). Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative research. Sage Publications Ltd, London.

Cho, W., & Sung, K. (2009). Social Studies Education in knowledge-information-based Society: Change of Education and Curricular Orientations. Theory and Research in Citizenship Education, 41(1), 167-188.

Cobb, P., & McClain, K. (2004). Principles of instructional design for supporting the development of students' statistical reasoning. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds), The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking. Springer, Dordrecht. pp. 375-395.

Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. Science Education, 90(6), 1-19.

Cook, J., Bedford, D., & Mandia, S. (2014). Raising climate literacy through addressing misinformation: Case studies in agnotology-based learning. Journal of Geoscience Education, 62(3), 296-306.

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.

Doering, A., & Veletsianos, G. (2008). An investigation of the use of real-time, authentic geospatial data in the K-12 classroom. Journal of Geography, 106(6), 217-225.

Drier, H. S., Dawson, K. M., & Garofalo, J. (1999). Not your typical math class. Educational Leadership, 56(5), 21-25.

Eisenberg, M. B., & Berkowitz, R. E. (1988). Curriculum Initiative: An Agenda and Strategy for Library Media Programs. Norwood, New Jersey, Ablex.

Ellwein, A. L., Hartley, L. M., Donovan, S., & Billick, I. (2014). Using rich context and data exploration to improve engagement with climate data and data literacy: Bringing a field station into the college classroom. Journal of Geoscience Education, 62(4), 578-586

Erwin, Jr., and Robin, W. (2015). Data literacy: Real-world learning through problem-solving with data sets. American secondary education, 43(2), 18.

Gebre, E. H. (2018). Young adults' understanding and use of data: insights for fostering secondary school students' data literacy. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 18(4), 330-341.

Glaser, B. G. (1965). The constant comparative method of qualitative analysis. Social problems, 12(4), 436-445.

Grant, J.S. & Davis, L. (1997). Selection and use of content experts for instrument development. Researchin Nursing and Health, 20(3), 269-274.

Griffis, K., Thadani, V., & Wise, J. (2008). Making authentic data accessible: The sensing the environment inquiry module. Journal of Biological Education, 42(3), 119-122.

Hakkarainen, K., & Sintonen, M. (2002). The interrogative model of inquiry and computer-supported collaborative learning. Science and Education, 11(1), 25-43.

Han, E. (2002). A Study on the Social Constructivist Teaching-Learning Model in the Early Childhood Education. Journal of Young Child Studies, 5, 49-63.

Hancock, C., Kaput, J. J., & Goldsmith, L. T. (1992). Authentic inquiry with data: Critical barriers to classroom implementation. Educational Psychologist, 27(3), 337-364.

Hannafin, M. J., Hill, J. R., & Land, S. M. (1997). Student-centered learning and interactive multimedia: Status, issues, and implication. Contemporary Education, 68(2), 94.

Hoskins, S. G., & Stevens, L. M. (2009). Learning our LIMITS: less is more in teaching science. Advances in Physiology Education, 33(1), 17-20.

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.

Hulsizer, M. R., & Woolf, L. M. (2009). A guide to teaching statistics: Innovations and best practices (Vol. 10). John Wiley and Sons.

Hwang, H. (2002). Teaching-Learning Methodology for development of student's performance ability in art.. Art Education Research Review. 15, 205-235.

Iqbal, M. Z., & Chowdhury, S. H. (2007). Using on-campus monitoring wells to enhance student learning in geo-hydrology courses. Journal of Geoscience Education, 55(5), 364-370.

Jonassen, D. (1999). Designing constructivist learning environments. In C. M. Reigeluth (Ed), Instructional Theories and Models(2nd ed). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associate. pp. 215-239.

Jhun, Y., & Park, J. (2006). An analysis of the science high-school students' readiness to perform open inquiry tasks in physics, New Physics: Sae Mulli, 52(4), 345-355.

Jung, W., Lee, J., Oh, S (2011). Investigation on the Difficulties During Middle School Students` Finding Inquiry Topics on Open-Inquiry Activities. Journal of the Korean Association for Science Education, 31(8), 1199-1213.

Kim, J. (2016). Hello Data Science. Seoul: Hanbitmedia.

Kim, J., & Lee, W. (2014). Controversial Issues in Knowledge and Problem Solving Skills of Information Subjects Observed after Amending the Curriculum in the U.K. The Journal of Korean association of computer education, 17(3), 54-64.

Kim, K. (2012). Development of social studies lesson for creativity and character education focused on key competencies: problem-solving based on empathic activity. Social studies education, 51(3), 87-101.

Kang, M., (2009). How to Use the Computer in Order to Develop the Mathematical Thinking. Science Education Center Inchon National University of Education, 22(1), 37-54.

Kim, Y. (2018). Data science education program to improve computational thinking and creativity. Unpublished doctoral dissertation in Jeju National University.

Kim, S. (2012). Developing Experimental Method of Real-time Data Transfer and Imaging using Astronomical Observations for Scientific Inquiry Activities. Journal of the Korean Earth Science Society, 33(2), 183-199.

Kim, S. (2015). Design Education based on STEAM Theory and Visual Thinking - focus on design program of Cooper-Hewitt National Design Museum. Korea Design Forum, 48, 59-70.

Kim, S., & Kang, S. (2016). Data science leading the 4th industrial revolution. Industrial Engineering Magazine 23(3), 9-13.

Kim, S., Jeoung, J., & Chun, J. (2010). Development and Application of Evaluation Criteria for Free Inquiry Activity Reports of Elementary School Students. Journal of Korean elementary science education, 29(1), 69-85.

Kim, T., Bae, D., & Kim, B. (2002). The Relationships of Graphing Abilities to Logical Thinking and Science Process Skills of Middle School Students. Journal of the Korean Association for Science Education, 22(4), 725-739.

King, A. (1992). Comparison of self-questioning, summarizing, and notetaking-review as strategies for learning from lectures. American Educational Research Journal, 29(2), 303-323.

Klucevsek, K. M. (2017). The intersection of information and science literacy. Communications in Information Literacy, 11(2), 7.

Krumhansl, R., Peach, C., Foster, J., Busey, A., & Baker, I. (2012). Visualizing oceans of data: Educational interface design. Waltham, MA: Education Development Center, Inc.

Ku, J. (2006). Development and application of earth science inquiry learning material and homepage using on-line real-time data. Journal of the Korean Association for Science Education

Kwak, S. (2005). Problem-Solving Model to Improve Scientific Literacy of Youth. Journal of Korean Library and Information Science Society, 36(3), 21-38.

Kwon, Y., Kim, W., Lee, H., Byeon, J., & Lee, I. (2011). Analysis of Biology Teachers' Systems Thinking about Ecosystem. Biology Education, 39(4), 529-543.

Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA: Wadsworth.

Leckie, G. J., & Fullerton, A. (1999). Information literacy in science and engineering undergraduate education: faculty attitudes and pedagogical practices. College and Research Libraries, 60(1), 9-29.

Majetic, C., & Pellegrino, C. (2014). When science and information literacy meet: an approach to exploring the sources of science news with non-science majors. College teaching, 62(3), 107-112.

Moore, D. S., Notz, W. I., & Notz, W. (2006). Statistics: Concepts and controversies. Macmillan.

Neumann, D. L., Hood, M., and Neumann, M. M. (2013). Using real-life data when teaching statistics: student perceptions of this strategy in an introductory statistics course. Statistics Education Research Journal, 12(2), 59-70.

NRC(National Research Council) (1996). National science education standards, Washington, DC: National Academy Press.

NRC(National Research Council) (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. National Academies Press.

NRC(National Research Council) (2006). Guidelines for the Humane Transportation of Research Animals. Washington DC: National Academies Press.

Qin, J., & D'Ignazio, J. (2010a). Lessons learned from a two-year experience in science data literacy education. In Proceedings the 31st Annual IATUL Conference https://docs.lib.purdue.edu/iatul2010/conf/day2/5/.

Qin, J., & D'Ignazio, J. (2010b). Teaching Metadata as a Key Ingredient in Developing Science Data Literacy. Journal of Library Metadata, 10(2-3), 188-204.

Rakes, G. C. (1996). Using the Internet as a Tool in a Resource-Based Leatning Environment. Education Edchnology, 36(5), 52-56.

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). Design and development research. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Robinson, W. R. (2004). The inquiry wheel, an alternative to the scientific method. Journal of Chemical Education, 81(6), 791.

Rubio, D. M., Berg-Weger, M., Tebb, S. S., Lee, E., & Rauch, S. (2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in s ocial work research. Social Work Research, 27(2), 94-104.

Saltz, J., & Heckman, R. (2016). Big Data science education: A case study of a project-focused introductory course. Themes in science and technology education, 8(2), 85-94.

Seo, W., & Ahn, S. (2019). Development And Applying Detailed Competencies For Elementary School Students' Data Collection, Analysis, and Representation. Journal of the Korean Association of Information Education, 23(2), 131-139.

Schield, M. (2004). Information literacy, statistical literacy, data literacy. Iassist Quarterly (IQ), 28(2-3), 6-11.

Schuff, D. (2018). Data science for all: a university-wide course in data literacy. In A. Deokar, A. Gupta, L. Iyer, M. Jones(Eds). Analytics and Data Science. Annals of Information Systems. Springer, Cham. pp. 281-297.

Shim, H., & Ryu, S. (2018). Pre Service Chemistry Teachers' Understanding of Science Practices During Open-inquiry Chemistry Laboratory Activities. Journal of the Korean Chemical Society, 62(1), 52-63.
Son, M., & Jeong, D. (2018). A Study of Science Teachers' Perception on Knowledge Information Processing Competency. Journal of the Korean Association for Science Education, 38(5), 693-703.
Son, M., Jeong, D., & Son, J. (2018). Analysis of Middle School Students' Difficulties in Science Inquiry Activity in View of Knowledge and Information Processing Competence. Journal of the Korean Association for Science Education, 38(3), 441-449.
Songer, N. B., Lee, H. S., & McDonald, S. (2003). Research towards an expanded understanding of inquiry science beyond one idealized standard. Science Education, 87(4), 490-516.
Stepien, W. J., Senn, P. R., & Stepien, W. C. (2000). The Internet and problem-based learning: Developing solutions through the web for grades 6–12. Tucson, AZ: Zephyr Press.
Tairab, H. H., & Khalaf Al-Naqbi, A. K. (2004). How do secondary school science students interpret and construct scientific graphs?. Journal of Biological Education, 38(3), 127-132.
Tyner, K. (2014). Literacy in a digital world: Teaching and learning in the age of information. Routledge.
Ucar, S., & Trundle, K. C. (2011). Conducting guided inquiry in science classes using authentic, archived, web-based data. Computers and Education, 57(2), 1571-1582.
Vahey, P., Rafanan, K., Patton, C., Swan, K., Van't Hooft, M., Kratcoski, A., & Stanford, T. (2012). A cross-disciplinary approach to teaching data literacy and proportionality. Educational Studies in Mathematics, 81(2), 179-205.
Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. Journal of Research in Science Teaching. The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 38(7), 821-842.
Wyner, Y. (2013). A case study: Using authentic scientific data for teaching and learning of ecology. Journal of College Science Teaching, 42(5), 54-60.

저자정보

손미현(서울대학교 교육종합연구원 연구원)
정대홍(서울대학교 교수)