

알고리즘 표현의 실험 안내 자료 개발 - 자석의 성질 실험을 중심으로 -

강은주 · 김지나[†]

Development of Experimental Guide Materials for Algorithmic Expression - Focusing on Magnetic Properties Experiment -

Kang, Eunju · Kim, Jina[†]

국문 초록

본 연구에서는 컴퓨팅 사고의 핵심인 알고리즘 표현을 실험 활동에 적용할 수 있도록 교사를 위한 실험 안내 자료를 개발하였다. 텍스트로 제시된 실험 매뉴얼을 순서도 기호를 사용하여 정보 시각화 프로세스에 따라 직선형, 분기형, 반복형 구조의 알고리즘 형태로 변환하였다. 그 예시로, 자석의 성질을 알아보는 실험을 알고리즘 표현을 적용하여 실험 안내 자료를 개발하였다. 개발된 실험 안내 자료는 정보의 적합성과 판단 여부가 표현된 분기 및 반복의 알고리즘 구조를 가지고 있다는 점과 실험 과정을 시각화하여 표현했다는 측면에서 기존의 순차적으로 표현된 실험 안내 자료와 차이가 있다. 본 연구에서 개발된 실험 안내 자료는 교사들의 알고리즘 사고에 대한 이해와 이를 적용한 실험 실행에 도움을 줄 수 있을 것이라 기대된다.

주제어: 알고리즘 표현, 컴퓨팅 사고, 실험 안내 자료, 자석의 성질

ABSTRACT

In this study, experimental guide materials for teachers were developed so that algorithm expression, the core of computational thinking, can be applied to experimental activities. The experimental manuals presented in text was converted into an algorithmic form with a linear, branched, and repetitive structure according to the information visualization process using flowchart symbols. As an example, an experiment guide materials was developed by applying an algorithm expression to an experiment to find out the properties of a magnet. The developed experiment guide materials is different from the existing experiment guide materials expressed only sequentially in that it has an algorithmic structure of branching and repetition in which the suitability and judgment of information are expressed, and that the experiment process is visualized and expressed. It is expected that the experimental guide materials developed in this study will help teachers to understand algorithmic thinking and to implement experiments using it.

Key words: algorithm expression, computational thinking, experiment guide material, magnetic properties

I. 서 론

컴퓨팅 사고력은 급격한 변화와 복잡성이 증가하는 미래 사회에서 모든 사람들이 갖춰야 할 능력

으로 많은 관심을 받고 있다. 미래 세대를 위한 과학 표준(NGSS)과 미국의 국가연구위원회(NRC)에서는 컴퓨팅 사고¹⁾를 인지적 도구로서 모든 교과에서 다루어야 할 기본 요소임을 강조하였으며, 여러

선진국들은 컴퓨터 과학을 타 교과와 접목하여 융합하거나 정규 교과로서 다루고 있다(Sengupta *et al.*, 2013). 우리나라에서도 컴퓨팅 사고를 과학교육에 적용한 연구들이 진행되고 있으며, 최근 컴퓨팅 사고를 교수학습 방법에 적용한 연구로 Kim and Kim (2020) 및 Hwang *et al.* (2020)의 연구를 살펴볼 수 있다. Kim and Kim (2020)은 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학적 문제 해결이 고등학생의 컴퓨팅 사고에 미치는 영향을 분석하여 과학 개념 중심과 코딩 중심의 컴퓨팅 사고 실천이 나타남을 확인하였다. Hwang *et al.* (2020)은 컴퓨팅 사고 기반 과학 관련 사회 쟁점 교육 프로그램을 적용하여 중학생들의 자료 분석 및 추론 능력이 향상되었음을 확인하였다. 이상의 선행 연구들은 대부분 센서나 장치 및 프로그램을 이용한 피지컬 컴퓨팅²⁾ 형태로 진행되었다. 이는 피지컬 컴퓨팅이 실제 산출물 설계 및 제작이 가능하다는 장점을 가지고 있기 때문이다. 그러나 피지컬 컴퓨팅의 경우, 컴퓨팅에 대한 기본적인 개념 이해와 도구의 사용법에 대한 학습이 선행되어야 한다. 반면, 언플러그드 컴퓨팅³⁾은 컴퓨터 없이 컴퓨팅의 기본 개념을 학습하는 방법으로 초등학생도 쉽게 적용 가능하다. 이런 측면에서 초등학생을 대상으로 한 컴퓨팅 교육은 주로 언플러그드 컴퓨팅에 초점을 두고 있다(MOE, 2015a).

언플러그드 컴퓨팅은 컴퓨팅에 대한 기본적 원리를 학습할 수 있는 방안으로, 알고리즘 사고와 표현이 핵심적인 요소라고 할 수 있다(Bennett *et al.*, 2013). 알고리즘 사고는 제시된 자료를 파악하고, 정보의 적합성을 판단하여 결과를 도출하는 사고 방법으로(Hwang *et al.*, 2016), 문제를 해결하기 위한 방법과 절차의 구성뿐만 아니라, 문제 해결과 관련된 모든 사고 과정을 포함하고 있다(Yoo & Kim, 2008). 따라서 알고리즘 사고를 적용하는 것은 학생들이 문제 해결 과정에서 자신의 문제 해결

절차를 나타낼 수 있도록 해주며(Jeong, 2014), 문제의 본질을 이해하고 분석하여 구조화할 수 있도록 해준다(Han & Kim, 2011). Lee and Hur (2010)는 알고리즘 표현이 알고리즘 사고 기반의 문제 해결력을 향상시킬 수 있다고 하였다. 알고리즘 사고의 표현에는 자연어, 순서도, 프로그래밍언어, 의사코드 등 다양한 방법이 있으며(Lee, 2008), 이들은 어떠한 문제를 해결하는 데 필요한 과정을 나열 및 적용하는 사고 과정에 활용된다. 특히, 알고리즘 사고 표현 중 하나인 순서도(flow chart)는 정보를 시각화하여 직관적인 방식으로 표현하고, 인간의 인지적인 능력을 확장시킬 수 있도록 해준다(Bederson & Shneiderman, 2003; Khan & Khan, 2011). 또한, 복잡한 아이디어를 명확하게 전달하고, 효율적인 정보의 이해 구조를 제공하여 문제 해결 및 발견을 용이하게 해주기도 한다(Lohse *et al.*, 1994).

한편, 초등학교 과학 교과서에는 매 차시 구체적인 조작 활동인 실험 활동이 제시되어 있다. 이는 실험 활동이라는 구체적인 경험을 통해 학생들이 과학적 개념을 이해하고, 과학적 지식을 생성하는 경험을 가질 수 있기 때문이다(Hofstein & Lunetta, 2004). 2015 개정 과학과 교육과정에서는 자연 현상과 사물에 흥미를 가지고, 과학의 핵심 개념을 이해하고 탐구 능력을 함양하며, 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기르는 것을 목표로 하고 있다(MOE, 2015b). 즉, 학생들이 주도적으로 탐구 활동에 참여하며, 해결해가는 과정이 중요하다고 볼 수 있다. 그러나 학생들의 실험 활동은 실험 목적을 제대로 이해하지 않고, 실험 과정에 대한 사고 없이 제시된 실험 방법을 그대로 따라만 하면 원하는 결과를 얻을 수 있도록 진행되는 경우가 많다(Domin, 1999; Hodson, 1990; Im *et al.*, 2010). 알고리즘 표현은 문제 해결과 관련된 사고 과정을 나타낼 수 있으므로(Hwang

¹⁾ 컴퓨팅 사고(Computational thinking)는 인간 또는 컴퓨터가 효과적으로 수행할 수 있도록 문제를 정의하고, 그에 대한 답을 기술하는 것이 포함된 사고 과정이다(Wing, 2017). 2015 교육과정에서는 컴퓨터 과학의 기본 개념과 원리 및 컴퓨팅 시스템을 활용하여 실생활과 다양한 학문 분야의 문제를 이해하고, 창의적으로 해법을 구현하여 적용할 수 있는 능력을 컴퓨팅 사고력으로 정의하고 있다(MOE, 2015a).

²⁾ 피지컬 컴퓨팅(Physical computing)은 물리적인 실제 세계와 컴퓨터의 가상 세계가 서로 대화할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 피지컬 컴퓨팅의 학습 내용은 센서나 여러 장치들을 통해 감지하고, 감지된 값들을 사용하여 컴퓨터를 통해서 물리적인 장치를 제어하는 것이다(Sullivan & Igoe, 2004).

³⁾ 언플러그드 컴퓨팅(Unplugged computing)은 특정 소프트웨어나 하드웨어에 의존하지 않고, 컴퓨터 과학의 기본 개념을 가르치기 위한 활동으로 정보의 표현, 알고리즘, 절차 표현 및 작동 원리 등 컴퓨터 과학의 원리에 대한 내용을 학습하는 것을 말한다(Bell & Fellows, 2015).

et al., 2016), 실험 활동에서의 문제에 해당되는 실험 목적을 확인하고, 실험을 수행하는 과정을 외부로 표현할 수 있는 도구가 될 수 있다. 이러한 측면에서 실험 활동에 알고리즘 표현을 적용하는 것은 학생들이 실험 활동과 관련된 자료를 파악하고, 실험 수행에서 획득한 정보의 적합성을 판단하여 실험 결과를 도출하는 과정에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다. 알고리즘 표현은 주로 정보교육의 학습 내용으로 다루어져 왔으나, 과학교육에서도 알고리즘 표현을 적용한 연구들을 일부 살펴볼 수 있다. Lee and Park (2012)은 초등학교 3학년 학생들을 대상으로 과학 수업에 순서도를 적용하여 과학적 개념 이해와 흥미 증진에 긍정적인 효과가 있음을 보여주었다. Bezu et al. (2016)은 대학생들의 실험 목적에 대한 이해와 학습 참여도 향상을 위해 실험 전, 실험 방법에 대한 순서도를 작성할 수 있음을 제시하였다. Davidowitz (2001)는 화학 실험 활동에 대한 흐름도 작성이 대학생들의 과학적 개념 형성과 확장에 도움을 줄 수 있음을 확인하였다. Dechsri et al. (1997)은 시각 정보 처리 도구를 통합한 실험 매뉴얼 디자인이 대학생들의 학습 및 태도에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 다이어그램을 텍스트와 통합하여 시각적 정보 처리를 촉진하는 매뉴얼을 제공받은 실험 집단이 성취도와 태도, 조작 기술 평가에서 높은 점수를 보임을 확인하였다. Kang and Kim (2020)은 초등학생들에게 전자식 만들기 실험 활동을 순서도로 표현하도록 한 후, 실험 전과 후의 과학적 모델 수준의 변화를 분석하였다. 그 결과, 순서도가 실험 목적 및 방법에 대한 학생들의 이해를 촉진시킴으로써 순서도를 생성한 집단의 과학적 모델 수준이 높게 나타남을 보여주었다. 이상의 선행연구 결과를 종합해 볼 때, 순서도 및 흐름도는 스키마틱 다이어그램(schematic diagram) 중 하나로서(Barwise & Etchemendy, 1991), 과학적 개념 형성 및 확장, 실험 수행, 모델 생성에 긍정적인 영향을 준 것이라 판단된다. Barwise and Etchemendy (1991)에 의하면 스키마틱 다이어그램은 사고 과정에서 중요한 역할을 하는 동시에 문제 해결을 촉진하는 데 도움을 줄 수 있다. Silvester and O'Neill (2019)은 흐름도가 문제의 구성 요소와 과정 등을 인식하기 쉽도록 해줌으로써 깊이 있는 학습이 이뤄질 수 있음을 제시하였다.

알고리즘 사고 및 표현은 2015 교육과정에서 제

시하고 있는 정보교육의 내용 요소 중 절차적 문제 해결에 해당하는 것으로서, 과학 탐구 문제 해결 과정에서 실험을 계획하고 수행하는 측면에서 적용할 수 있다(Kim & Choi, 2019). 절차적 사고는 문제를 효율적으로 해결하기 위해 문제를 작은 단위로 나누고, 각각의 문제를 단계별로 처리하는 사고 과정으로 순차, 선택, 반복의 구조를 바탕으로 하고 있다. ‘순차’는 해야 할 일을 하나씩 차례대로 수행하는 과정이며, ‘선택’은 주어진 조건에 따라 해야 할 일을 선택적으로 수행하는 과정이다. ‘반복’은 명령문을 특정 횟수만큼 반복하거나, 주어진 조건이 만족할 때까지 반복하는 과정이다. 교과서에 제시된 실험 안내 자료는 대부분 순차형으로 제시된 텍스트와 텍스트의 이해를 돕기 위한 그림으로 구성되어 있다. 즉, 차례대로 수행해야 할 일이 명료하게 제시되어 있으나, 수행해야 할 일에 따른 결과를 확인하고, 정보의 적합성을 판단하여 결과를 얻을 수 있는 선택과 반복의 구조는 찾아보기 힘들다. 따라서 순차, 선택, 반복의 구조가 포함된 알고리즘 표현의 실험 안내 자료가 개발된다면 알고리즘 사고를 적용한 실험 실행에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다. 그러나 알고리즘 표현이 학생들의 실험 계획 및 실행에 도움을 준다고 하더라도 이에 대한 교사들의 이해가 수반되지 않는다면 알고리즘 표현을 적용한 학생들의 실험 수행은 실행되기 어렵다. Kim (2016)에 의하면 컴퓨팅 교육과 관련한 내용 및 교수 학습 방법에 대한 초등교사들의 인지는 낮은 편이며, 성취기준에 적합한 교육 자료 개발과 지도 방법에 대한 이해가 부족한 편이다. Jeon and Kim (2016)은 교사들이 알고리즘 사고와 관련된 소프트웨어 교육에 대한 경험이 부족하며, 이와 관련하여 두려움과 방어적인 태도를 가지고 있는 경우가 많음을 제시하였다. 특히, 교사들의 컴퓨팅 사고 향상에 가장 큰 영향을 주는 것이 알고리즘 사고이지만(Choi, 2016; Shim, 2018), 교사들의 컴퓨팅 사고와 관련된 역량을 신장시킬 수 있는 구체적인 방안과 실제 현장에서 적용 가능한 자료는 부족한 실정이다(Park & Lee, 2016). 따라서 교사들이 쉽게 이해할 수 있는 알고리즘 표현의 실험 안내 자료가 개발된다면 교사들의 알고리즘 사고에 대한 이해와 이를 적용한 실험 수업 실행에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다.

이에 본 연구에서는 교사들을 위한 알고리즘 표

현의 실험 안내 자료 구성 방법을 고안하였다. 그리고 그 예시로, 기존 교과서에서 제시하고 있는 ‘자석의 이용’ 단원 실험 방법을 알고리즘 표현의 실험 안내 자료로 개발하였다.

II. 연구 방법

전체적인 연구 과정은 다음과 같다. 먼저, 기존의 실험 방법을 알고리즘 형태로 표현하기 위한 방법을 고안하였다. 그리고 이를 바탕으로 3학년 1학기 ‘자석의 이용’ 단원 5종의 실험을 알고리즘 표현의 실험 안내 자료로 구성하였다. 개발된 알고리즘 표현 실험 안내 자료를 평가하여 실험 내용의 표현과 활용 가능성을 확인하였다.

1. 알고리즘 형태의 실험 안내 자료 고안 과정

알고리즘 형태의 실험 안내 자료의 고안 과정은 Fig. 1과 같다.

첫 번째, 정보의 시각화와 관련하여 이론적 근거가 되는 필수다양성의 법칙(Ashby, 1956), 게슈탈트 이론(Wertheimer, 1922)을 고찰하고, 이를 바탕으로 알고리즘 형태의 실험 안내 자료가 고안될 수 있도록 하였다. 필수다양성의 법칙은 Ashby (1956)에 의해 다양한 동적 시스템 상태를 수학적으로 설명하는 방법으로 소개되었으나, 성공적인 학습 환경의 운영을 위한 다양한 필요 조치와 관련된 시스템 설계 개념 프레임으로 사용되기도 한다(Branch et al., 2018). 이는 성공적인 실험 수업 실행을 위해 실험 상황에서 다루어야 할 다양한 문제 상황을 인식할 수 있도록 실험 안내 자료가 구성되어야 함을 의미한다. 또한 이때 시각화 표현의 질을 향상시킬 수 있도록 게슈탈트 이론을 고려하였다. 게슈탈트 이론은 인간이 시각화된 정보를 인지하는 원리를 설명해주는 이론으로, 본 연구에서는 근접성, 유사성, 연속성, 대칭성을 반영하여 순서도를 구성하도록 하였다.

두 번째, 알고리즘 표현 기호를 선택하고, 이를 재구성하였다. 순서도에 사용되는 기호 중 가장 이해하기 쉬운 기호를 추출하고, 이를 실험 방법을 표현할 수 있는 형태로 구성하였다.

세 번째, 실험 방법의 서술 구조를 분석하고, 알고리즘 표현으로 나타내기 위해 순차형, 분기형, 반복형 3가지의 구조를 기본으로 하여 실험 방법의

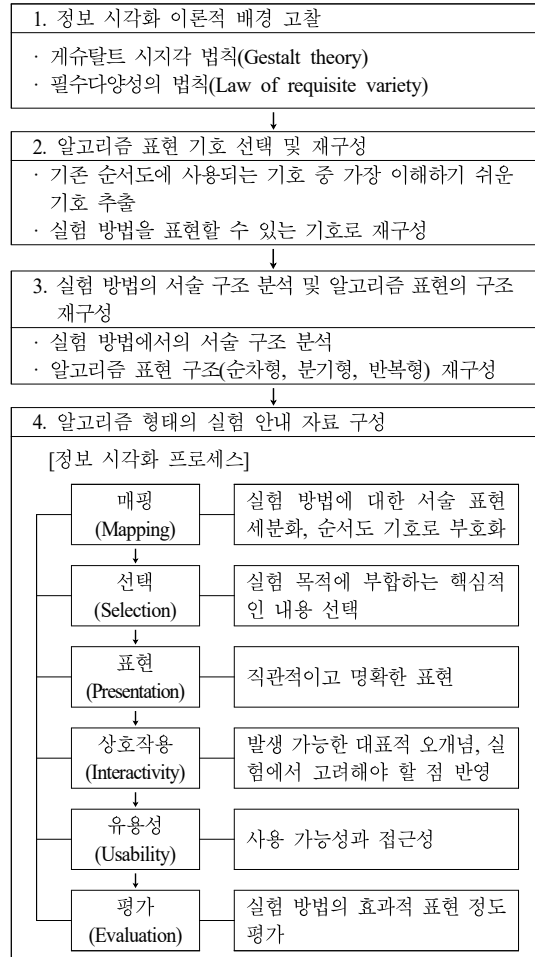


Fig. 1. Algorithm-type experiment guide material design process.

알고리즘 표현 구조를 재구성하였다.

네 번째, 알고리즘 형태의 실험 안내 자료 구성은 Chittaro (2006)의 정보 시각화 프로세스에서 제시한 요소를 재구성하여 반영하였다. Chittaro (2006)는 다양한 측면에서의 체계적인 과정을 통해 정보의 시각화가 이루어져야 사용자가 정보를 오해 없이 잘 인지할 수 있다고 주장하였다. 정보 시각화 프로세스의 요소는 매핑(mapping), 선택(selection), 표현(presentation), 상호작용(interactivity), 인적 요인(human factors), 평가(evaluation)이다. Khan and Khan (2011)은 정보를 시각화하여 표현할 수 있는 구체적인 과정 중 인적 요인(human factors)을 자료의 사용자에게 초점을 두어 유용성(usability)과 접근성(accessibility)을 중심으로 설명하고 있다. 본 연구에서는 교사들을 자료의 사용자로 하여 알고리즘 형태

의 실험 안내 자료를 개발하고자 하였다. 따라서 다양한 인적 요인보다는 교사들이 쉽게 접근 가능하고 유용하게 사용할 수 있는지에 초점을 두어, 인적 요인(human factors)을 유용성(usability)으로 명명하였다. 본 연구에서 적용한 정보 시각화 프로세스의 각 단계는 매핑, 선택, 표현, 상호작용, 유용성, 평가이다. 매핑 요소를 적용하여 실험 방법에 대한 서술 표현을 세분화하여 순서도 기호로 부호화하였으며, 이때 선택 요소를 반영하여 실험 목적에 부합하는 핵심적 내용만 골라서 표현하였다. 그리고 실험 방법을 순서도 구조로 구성 시, 표현과 유용성 요인을 고려하여 직관적이고 명확한 표현인 동시에 단 시간 내에 정보를 파악할 수 있도록 표현하였다. 상호 작용 요인을 반영하여 실험 안내 자료가 실험 상황에서의 예측하지 못한 다양한 변인을 포함할 수 있도록 하였다. 마지막으로 평가 요인을 반영하여 알고리즘 표현의 실험 안내 자료가 유의미하게 개발되었는지를 확인하였다.

2. 자석의 성질 실험에 대한 알고리즘 표현 실험 안내 자료 개발

1) 자료 개발 주제

교과서에 제시된 실험 중 알고리즘 표현의 기본적인 3가지 구조인 순차형, 분기형, 반복형이 모두 잘 드러나는 주제를 선택하였다. 이 주제 중 자석의 성질 실험을 알고리즘 표현 실험 안내 자료로 개발하였다.

개발한 내용은 3학년 1학기 과학 교과서에 제시된 자석의 성질과 관련된 실험 5차시이다(Table 1).

실험 내용은 자석에 붙는 것 분류하기, 자석의 극 알아보기, 철로 된 물체를 끌어당기는 자석의 성질 알아보기, 일정한 방향을 가리키는 자석의 성질 알아보기, 자화를 이용한 나침반 만들기로 구성되어 있다. 교과서 상에 제시된 실험 안내는 텍스트와 텍스트의 이해를 돕기 위한 실사 그림도 함께 구성되어 있으나, 본 연구에서는 실험 방법을 알고리즘 형태로 개발하고자 하였으므로 교과서에 제시된 실험 안내 부분 중 텍스트로 된 부분만 이용하였다.

2) 자료 개발 과정

자료 개발은 Fig. 1에서 제시한 알고리즘 형태의 실험 안내 자료 고안 과정에 따라 이루어졌다. 이때, 상호작용 요소를 반영하여 자석의 성질 실험과 관련된 대표적인 오개념과 실험에서 고려할 점에 대한 내용이 포함되도록 하였다(Table 2). 실험 주제와 관련된 오개념은 자석 개념과 관련된 선행연구 자료 분석을 통해 추출되었다. 각각의 실험 주제와 관련된 추가적인 확인 사항은 ‘자석의 이용’ 단원에서 과학 수업 경험이 있는 교사 3명의 면담 결과를 반영하였다. 면담은 ‘자석의 이용’ 단원을 최근에 지도한 교사 3명을 선정하여 반구조화된 질문지를 이용하여 진행하였다. 면담에 참여한 교사들은 5차시 수업 후, 실험에서 학생들이 잘 수행하지 못했던 점과 학생들이 실험을 잘 수행하기 위해 필요했던 사항이 무엇인지를 자유롭게 응답하였다. 교사들의 응답 결과는 실험 수행을 위해 추가적으로 필요했던 사항, 교과서에 제시된 내용 외에 반복 수행이 필요한 부분 및 확인 사항을 중심으로 유목화하였다.

Table 1. Magnetic properties of the experiments

실험 주제	주요 활동 및 내용
실험 1 (자석에 붙는 물체 분류)	<ul style="list-style-type: none"> · 자석에 붙는 물체 찾기 · 자석에 붙는 물체와 붙지 않는 물체 구별하기
실험 2 (자석의 극)	<ul style="list-style-type: none"> · 막대자석에서 클립이 많이 붙는 부분 관찰하기 · 원형 기둥 자석에서 클립이 많이 붙는 부분 관찰하기
실험 3 (철로 된 물체를 끌어당기는 자석의 성질)	<ul style="list-style-type: none"> · 자석을 철로 된 물체에 멀리 또는 가까이 가져갔을 때 현상 관찰하기 · 자석을 철로 된 물체에 멀리 또는 가까이 가져갔을 때 현상 설명하기
실험 4 (특정한 방향을 가리키는 자석의 성질)	<ul style="list-style-type: none"> · 물에 띄운 자석이 가리키는 방향 관찰하기 · 자석의 N극과 S극에 대해 알아보기
실험 5 (자화를 이용한 나침반 만들기)	<ul style="list-style-type: none"> · 머리핀을 자화시키기 · 철로 된 물체로 나침반 만들기

Table 2. Representative misconceptions related to magnetic properties experiments and considerations in experiments

추출 내용	추출 방법	자료
실험 주제 관련 오개념	선행연구 자료에 보고된 학생들의 오개념 분석	- Barrow (1987) - Barrow (2000) - Song <i>et al.</i> (2004) - Lee & Jeong (2004) - Jang & Oh (2009) - Atwood <i>et al.</i> (2010) - Smolleck & Hershberger (2011)
실험에서 고려할 점	과학 수업 경험이 있는 교사 3명 대상, 면담 자료 수집	- 반구조화된 질문지: 1. 실험에서 학생들이 잘 수행하지 못했던 점은? 2. 실험을 잘 수행하기 위해 추가적으로 필요했던 사항은?

3) 자료 개발 평가

알고리즘 표현인 순서도는 문제 해결과 관련된 것을 일정한 기호를 사용하여 정보를 잘 이해할 수 있는 형태로 시각화한 것이다(Khan & Khan, 2011). 실험 안내 자료가 시각적 표현인 순서도 형태로 변환 및 재구성되었는지를 확인하기 위해 Table 3과 같이 평가 항목 및 내용을 구성하였다. 그리고 이를 바탕으로 개발한 실험 안내 자료를 평가하였다.

평가 항목 및 내용은 Chittaro (2006)의 정보 시각화 프로세스에서 매핑, 선택, 표현, 상호 작용, 유용성 5가지 요소를 중심으로 설정하였다. 매핑 요소는 실험 방법에 대한 서술 표현을 세분화하여 순서도 기호로 부호화하는 것이다. 따라서 실험 방법과 관련된 모든 단계가 제시되어 있는지와 적합한 순서로 구성되고 있는지에 대한 내용으로 구성하고, 이를 각각 완전성과 적합한 순서 항목으로 명명하였다. 선택 요소는 핵심 정보 선택을 평가 항목으로 명명하고 실험 목적에 부합하는 핵심적인 내용만 선택되어 있는지를 평가 내용으로 정하였다. 표

현 요소에서는 시지각적 표현을 평가 항목으로 설정하고, 근접성, 유사성, 연속성, 대칭성과 같은 시지각적인 특성을 반영하여 시각화된 정보를 효과적으로 수용할 수 있도록 표현되었는지를 평가하였다. 상호작용 요소를 반영하여 추가적인 내용 및 구조로 평가 항목을 설정하고, 실험 목적을 달성하기 위해 필요한 추가적인 내용 및 구조가 포함된 정도를 평가하였다. 유용성 요소를 반영하여 평가 항목을 실험매뉴얼 대체 가능성으로 설정하였으며, 개발된 자료가 실제 실험 안내 자료로서의 사용 가능한지에 대해 평가하였다. 최종 개발된 자료는 초등교사 25명을 대상으로, 각 항목별로 5점 Likert 척도로 평가되었다. 초등학교 교사들은 다양한 교과를 지도하므로 최소 7년 이상의 과학 수업 경험을 가지고 있는 교사를 대상으로 하였다. 먼저, 알고리즘 표현에 대한 정의와 기호의 의미, 순서도의 형태(직선형, 분기형, 반복형)를 충분히 설명한 후, 알고리즘 표현에 대한 이해가 충분하다고 판단되는 25명의 교사를 대상으로 하였다. 교과서에 제시된

Table 3. Evaluation items and contents of development materials

정보시각화 프로세스	평가 항목	평가 내용
매핑	1. 완전성	실험 방법과 관련된 모든 단계가 제시되어 있는가?
	2. 적합한 순서	실험 방법이 적합한 순서로 잘 구성되어 있는가?
선택	3. 핵심 정보 선택	실험 목적과 관련 없거나 불필요한 정보가 포함되어 있지 않고, 핵심 정보만 선택되어 있는가?
표현	4. 시지각적 표현	(근접성, 유사성, 연속성, 대칭성과 같은 시지각적 특성을 반영하여) 실험과 관련된 정보를 효과적으로 파악할 수 있도록 표현되어 있는가?
상호작용	5. 추가적인 내용 및 구조	실험 목적을 달성하기 위해 필요한 추가적인 내용 및 구조가 포함되어 있는가?
사용성	6. 실험매뉴얼 대체 가능성	실제 실험매뉴얼로 사용 가능하다고 생각하는가?

서술 형태와 개발된 알고리즘 표현의 실험 안내 자료를 비교하여 Table 3에 제시된 평가 내용을 바탕으로 평가하도록 안내하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 알고리즘 표현을 적용한 실험 안내 자료 구성 방법

본 연구에서는 알고리즘 사고에 대한 이해와 이를 적용한 실험 실행에 도움을 줄 수 있는 실험 안내 자료 구성 방법을 고안하였다.

Table 4는 알고리즘 표현을 적용한 실험 안내 자료 구성에서 사용할 수 있는 순서도의 기호이다. 순서도에 사용되는 기호는 모두 20개 이상으로, 복잡하고 다양한 의미를 나타내고 있다. 본 연구에서는 기존 순서도에 사용되는 기호 중 가장 이해하기 쉬운 5가지 기호인 시작 및 끝, 처리, 판단, 입·출력, 흐름선으로 제한하여(Lee & Park, 2012) 실험 활동에 대한 순서도를 구성하였다.

시작 및 끝(terminal) 기호는 타원형 모양이며, 문제의 시작 또는 문제 해결 완료를 의미한다. 순서도를 재구성한 본 연구에서는 사다리꼴 형태로 시작(start)과 끝(end)의 기호를 분리하여 제시하였다. 시작과 끝 기호를 각각 제시한 이유는 단순히 시작과 끝을 표시하기보다는 실험의 목적을 분명하게 인식하기 위함이다. 재구성한 시작과 끝 기호는 계슈탈트 시지각 이론의 ‘유사성(similarity)’ 원칙에 기반하여 유사한 의미로 인식할 수 있도록 동일한 사다리꼴 형태로 구성하였다. 사다리꼴의 시작 기호 안에는 문제에 해당되는 실험 주제 및 목적을

적도록 하였으며, 역사다리꼴의 끝 기호 안에는 실험으로 알게 된 것을 간단히 적도록 하였다. 본 자료에서는 교사들을 위한 실험 안내 자료이므로 끝 기호에 실험 결과에 해당되는 내용을 기입하여 구성하였다. 처리(process) 기호는 사각형 모양으로 실험 수행 시 해야할 일을 의미한다. 흐름선(flow line)은 각종 기호를 연결하여 처리의 흐름을 나타낼 때 활용하는 기호이다. 판단(decision) 기호는 마름모 모양으로 실험 활동의 흐름에서 비교나 판단이 필요한 경우에 활용된다. 입출력(input/output) 기호는 평행사변형 모양으로 실험 활동에서 특정한 내용이 고정되어 있지 않고, 기호 내에 여러 가지 선택 가능한 내용을 적을 수 있다.

순서도는 크게 직선형, 분기형, 반복형으로 나뉘지며, 보통 2개 이상의 형태를 혼합하여 사용하기도 한다. Table 5는 실험 안내 자료를 순서도로 구성했을 때의 대표적 예시를 나타낸 것이다.

Table 5의 (a)는 직선형의 예시로 전류가 흐르는 전선 주위에서 나침반 바늘의 움직임을 관찰하는 실험을 나타낸 것이다. 반복과 회귀 과정 없이 시간적 순서에 따라 순차적으로 진행되는 실험을 나타낸 것이다. (b)는 분기형의 예시로 전기회로에 여러 가지 물체를 연결하고, 도체와 부도체를 분류해 보는 실험을 나타낸 것이다. 판단 기호에서 제시된 ‘전구에 불이 켜지나요?’에 따라 도체와 부도체로 분류된 것을 표현하였다. (c)는 반복형의 예시로 전자석의 성질을 알아보는 실험이다. 전기회로의 스위치를 단았을 때 시침바늘이 붙는지 확인하고, 그렇지 않을 경우, 전기회로에 전구를 연결해 불이 켜지는지 확인하고, 다시 실험을 반복 수행하는 것을 나타낸 것이다.

Table 4. Flowchart symbol


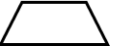
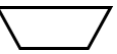
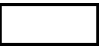
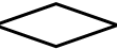
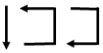

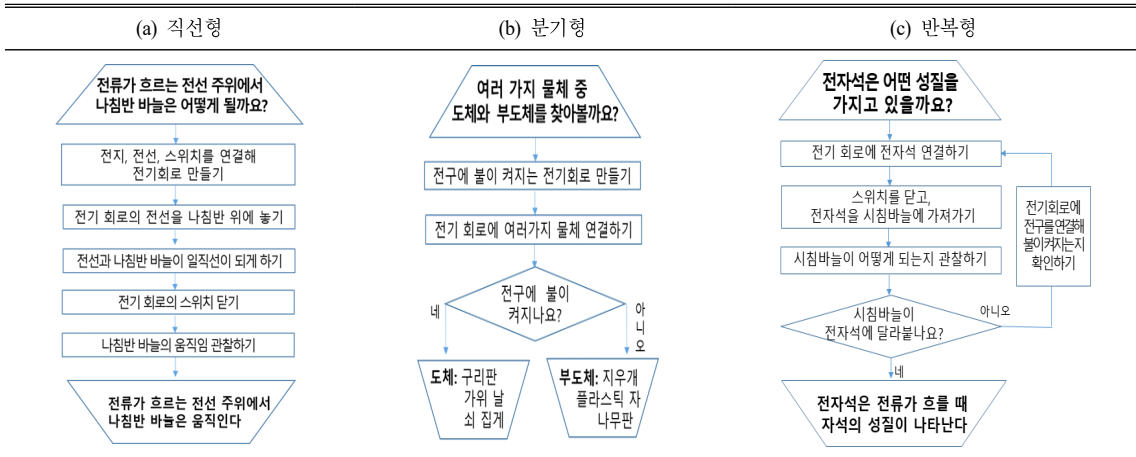
기호	기호명	의미	기호	기호명	의미
1		시작 및 끝 (Terminal) 문제 시작 또는 문제 해결 완료	1-1		시작(Start) 해결해야 할 문제
			1-2		끝(End) 문제 해결 완료
2		처리(Process) 해야 하는 일	4		판단(Decision) 어느 하나를 선택하나 확인할 때의 질문
3		흐름선 (Flow line) 일의 흐름을 나타냄	5		입·출력 (Input/Output) 특정한 입출력 내용을 지정하지 않을 경우, 입력과 출력

Table 5. Examples by flow chart type



2. 알고리즘 표현을 적용한 자석의 이용 실험 안내 자료 개발

본 연구에서는 교사들을 위한 알고리즘 표현의 실험 안내 자료 구성 방법을 고안하고, 그 예시로 기존 교과서에서 제시하고 있는 ‘자석의 이용’ 단원 실험 방법을 알고리즘 표현의 실험 안내 자료로 개발하였다. 알고리즘 표현을 적용한 자석의 성질 실험 안내 자료는 실험 상황에서 발생 가능한 복잡성을 포함하여 직선형, 분기형, 반복형의 순서도 형태로 구성되었다.

Table 6은 5종의 자석의 성질 실험 상황에서 발생 가능한 오개념 요소(선행연구에서 조사된 학생들의 오개념)와 실험에서 고려해야 할 점에 대한 교사들의 생각(자석의 성질 실험 수업을 진행한 교사 3명의 면담 자료)을 정리한 것이다.

5개의 알고리즘 표현을 적용한 실험 안내 자료는 7년 이상의 과학 수업 경험을 가진 초등교사 25명 대상으로 각각의 평가 항목(Table 3)에서 반영된 정도를 5점 Likert 척도로 평가하도록 하였다. 완전성, 적합한 순서, 핵심 정보 선택, 시지각적 표현, 추가적인 내용 및 구조, 실험 매뉴얼 대체 가능성으로 이뤄진 평가 항목에서 교사들의 응답 결과는 Table 7과 같다. 5종의 실험 안내 자료에 대한 교사들의 응답은 대체로 잘 반영된 4점 이상으로 나타났다. 이를 통해 알고리즘 표현을 적용한 자석의 이용 실험 안내 자료가 잘 구성되었음을 확인할 수 있었다.

텍스트로 구성된 교과서의 실험 활동을 알고리

즘 표현인 순서도로 변환한 자료는 Table 8~Table 12와 같다.

Table 8은 자석에 붙는 물체와 자석에 붙지 않는 물체 분류하기 실험 안내를 알고리즘 표현을 적용하여 구성한 것이다. 주요 내용 및 활동은 자석에 붙는 물체 찾기, 물체에서 자석에 붙는 부분과 자석에 붙지 않는 부분을 구별하기이다. 학생들은 금속으로 된 물체가 모두 자석에 붙는다고 생각하기 쉬우며(Atwood *et al.*, 2010; Barrow, 1987), 학년이 올라갈수록 자성체에 대한 구분을 어려워하는 경우가 많은 것으로 보고되고 있다(Jang & Oh, 2009). 이에 자석에 붙는 물체 분류하기 실험 수업을 진행한 교사 B, 교사 C는 학생들이 자석에 붙는 물체가 모두 금속이라고 생각하고 실험을 실행하는 경우가 많기 때문에 금속이지만 자석에 붙지 않는 다양한 물체를 제시할 필요 있다고 응답하였다. 따라서 알고리즘 표현으로 구성된 실험 안내 자료에는 알루미늄, 구리 등 다양한 금속을 입출력 기호에 제시하여 실험을 수행할 수 있도록 표현하였다. 또한, 학생들은 자석에 붙는 물체에 대한 성급한 일반화로 인해 자석에 대한 오개념이 형성되는 경우가 발생할 수 있다(Smolleck & Hershberger, 2011). 이와 관련하여 자석에 붙는 물체와 자석에 붙지 않는 물체 분류하기 실험 수업을 진행한 교사들의 면담 결과는 다음과 같다. 교사 A는 학생들이 자석에 붙는 것과 붙지 않는 것을 알아보기 위해 여러 가지 물체에 자석을 대어 보지만, 자석에 붙는 것과 붙지 않는 물체의 분류 작업에는 소홀한 경향을 보인다고 응답하였다. 이에 본 자료에서는 분류 기준

Table 6. Misconceptions investigated in prior research on magnetic properties and teachers' thoughts on considerations in experiments

실험 주제	실험 주제 관련 오개념 추출 결과	실험에서 고려할 사항에 대한 교사 면담 결과	알고리즘 표현 구성에서 추가할 내용
실험 1 (자석에 붙는 물체 분류)	<ul style="list-style-type: none"> · 금속으로 된 물질은 모두 자석에 붙는다고 생각함(Barrow, 1987; Atwood et al., 2010) · 학년이 올라갈수록 자성체에 대한 구분을 어려워함(Jang & Oh, 2009) · 자석에 붙는 물체에 대한 성급한 일반화가 이뤄짐(Smolleck & Hershberger, 2011) 	<ul style="list-style-type: none"> · 자석에 붙는 것과 붙지 않은 것 확인에 그치고, 분류 작업에 소홀함(교사 A) · 금속이지만 자석에 붙지 않는 다양한 물체를 제시할 필요 있음(교사 B, 교사 C) 	<ul style="list-style-type: none"> · 알루미늄, 구리 등의 다양한 금속 제시 ⇒ · 자석에 붙는 물체와 붙지 않는 물체 분류한 것을 기록하도록 함
실험 2 (자석의 극)	<ul style="list-style-type: none"> · 자석마다 극의 위치가 상이함(Barrow, 2000) · 자석의 가운데 부분인 N, S가 만나는 곳이 가장 자석의 힘이 강한 곳이라고 생각함(Atwood et al., 2010) 	<ul style="list-style-type: none"> · 자석의 양쪽 극끼리 비교하는 경우가 있음. 자석마다 극의 배열이 다름을 잘 인식하지 못함(교사 B) · 교과서에는 막대자석의 가운데를 집고 클립이 붙은 모습을 관찰하도록 되어 있으나, 여러 가지 자석을 이용하여 실험할 경우 다른 방법으로 해야함(교사 C) 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ · 교과서에 제시된 막대자석과 원형 기둥 자석 외에 동근 모양 자석 등 다양한 자석 제시 · 여러 가지 자석을 클립이 든 상자에 넣어서 관찰하기
실험 3 (철로 된 물체를 끌어당기는 자석의 성질)	<ul style="list-style-type: none"> · 자기력이 유리, 종이, 얇은 구리판, 진공을 통과하여 작용하지 못한다고 생각함(Barrow, 1987; Song et al., 2004) 	<ul style="list-style-type: none"> · 교과서에 제시된 대로 자세히 살펴보기 않음(교사 A) · 거리를 달리하여 실험을 하되 무엇을 관찰해야하고 확인해야 하는지를 인지하지 못함(교사 C) 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ · 거리에 따라 자석의 힘이 미치는 정도를 확인하고, 반복할 수 있는 상황 제시
실험 4 (특정한 방향을 가리키는 자석의 성질)	<ul style="list-style-type: none"> · 나침반이 가리키는 방향에 대해 혼동하는 경우가 있음(Barrow, 1987) 	<ul style="list-style-type: none"> · 자석이 가리키는 방향을 확인하기 위해 자석을 다른 방향으로 놓아보지 않고 한번 수행에 그침(교사 B) · 나침반과 자석의 방향을 비교하는 것이 중요하다고 생각되나, 실제 학생들이 이를 잘 확인하지 않음(교사 A, 교사 C) 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ · 자석의 방향과 나침반 방향의 비교 수행 과정 제시
실험 5 (자화를 이용한 나침반 만들기)	<ul style="list-style-type: none"> · 나침반 바늘이 자성을 띠지 않는다고 생각함(Lee & Jeong, 2004) · 나침반의 북쪽을 가리키는 부분만 자석이 된다고 생각함(Song et al., 2004) · 자화와 자기생극자에 대한 개념을 잘 이해하지 못함(Jang & Oh, 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> · 자화가 되었는지 대한 확인이 필요함(교사 B, 교사 C) · 실험 전에 방위를 확인할 필요가 있음(교사 C) · 나침반과 머리핀의 방향을 비교하지 않는 경우가 많음(교사 A, 교사 B, 교사 C) 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ · 자화가 되었는지 확인, 반복하는 과정 제시 · 자화된 머리핀과 나침반 방향의 비교, 반복 수행 과정 제시

Table 7. Evaluation result of the experimental guide materials applying algorithmic expression (average score for each evaluation item)

평가 항목	실험					
	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4	실험 5	
완전성	4.84	5	5	5	5	
적합한 순서	5	5	4.96	5	4.92	
핵심 정보 선택	5	5	5	5	5	
시지각적 표현	5	5	5	5	4.96	
추가적인 내용 및 구조	5	5	5	5	5	
실험매뉴얼 대체 가능성	4.92	5	4.92	5	4.92	

Table 8. Experiment 1 (classification of objects attached to magnets)

교과서에 제시된 실험 활동 내용	알고리즘 표현을 적용한 실험 활동 안내 자료
<p>① 유리컵, 철 못, 플라스틱 빨대, 철 용수철, 고무지우개 등 준비한 물체에 자석을 각각 대 보면서 물체가 자석에 붙는지 관찰해 봅시다.</p> <p>② 주변에 있는 여러 가지 물체에 자석을 대 보면서 물체가 자석에 붙는지 관찰해 봅시다.</p> <p>③ 관찰한 결과에 따라 여러 가지 물체를 자석에 붙는 것과 붙지 않는 것으로 분류해 봅시다.</p>	

에 해당되는 판단 기호를 제시하여 자석에 붙는 물체와 붙지 않는 물체로 분류된 결과가 분기형으로 표현되도록 하였다.

Table 9는 자석의 극을 알아보는 실험을 알고리즘 표현을 적용한 실험 활동 안내 자료로 구성한 것이다. 주요 내용 및 활동은 막대자석과 둥근 기

둥 자석에서 클립이 많이 붙는 부분을 관찰하여 클립이 많이 붙는 곳이 자석의 극임을 알아보는 것이다. 학생들은 N극과 S극이 만나는 자석의 가운데 부분이 자석의 힘이 가장 강한 곳이라고 생각하기 쉬우며(Atwood *et al.*, 2010), 자석마다 극 위치가 상이함을 이해하지 못하는 경우도 있다(Barrow, 2000).

Table 9. Experiment 2 (pole of magnet)

교과서에 제시된 실험 활동 내용	알고리즘 표현을 적용한 실험 활동 안내 자료
<p>① 종이 상자에 클립을 끌고루 부어 놓습니다.</p> <p>② 집게로 막대자석의 가운데를 집습니다.</p> <p>③ 막대자석을 클립이 든 종이 상자에 넣었다가 천천히 들어 올립니다.</p> <p>④ 막대자석에 클립이 붙어 있는 모습을 관찰해 봅시다.</p> <p>⑤ 막대자석 대신에 둥근 기둥 모양 자석을 이용해 ②~④의 과정을 반복하고, 둥근 기둥 모양 자석에 클립이 붙어 있는 모습을 관찰해 봅시다.</p>	

자석의 극을 알아보는 실험 수업을 진행한 교사 B는 학생들이 자석의 양쪽 극을 서로 비교하거나 자석마다 극의 배열이 다름에 대한 인식이 부족함을 제시하였다. 또한 교사 C는 교과서는 막대자석의 가운데를 잡고 클립이 붙는 모습을 관찰하도록 되어 있으나, 자석의 종류에 따라 다를 수 있음을 학생들에게 제시할 필요가 있음을 제안하였다. 따라서 교과서에 표현된 활동 내용 중 핵심적인 내용을 추출하고, 교과서에 제시된 막대자석과 원형 기둥 모양 자석 외에 둥근 모양 자석을 제시하였다.

중복되는 내용에 해당되는 자석의 종류는 입출력 기호를 사용하여 표시하였다. 그리고 자석에 클립이 많이 붙는 부분을 확인하고, 확인하지 못했을 경우, 다시 반복 수행함으로써 자석에 클립이 많이 붙는 부분을 찾을 수 있도록 하였다. 반복 수행을 통해 관찰한 결과를 토대로 자석에서 클립이 많이 붙는 부분이 자석의 양쪽 끝 부분임을 순서도의 끝 기호에 제시하였다.

Table 10은 철로 된 물체를 끌어당기는 자석의 성질을 알아보는 실험을 알고리즘 표현으로 구성

한 것이다. 주요 내용 및 활동은 자석을 투명한 플라스틱 통 안에 든 철로 된 물체에 가까이 가져가고, 멀리 가져갔을 때 어떻게 되는지 설명하는 것이다. 이 차시와 관련하여 선행연구에서 제시한 오개념은 자기력이 유리, 종이, 얇은 구리판, 진공을 통과하여 작용하지 못한다고 생각하는 것이다(Barrow, 1987; Song *et al.*, 2004). 철로 된 물체를 끌어당기는 자석의 성질 알아보기 수업을 진행한 교사 C는 학생들이 철로 된 빵 끈 조각과 자석의 거리를 달리하여 실험을 진행하지만, 무엇을 관찰하고 확인해야 하는지를 인지하지 못한다고 하였다. 교사 A도 학생들이 교과서에 제시된 대로 자세히 살펴보기 않음을 제시하였다. 따라서 선행연구와 교사들의 면담 자료 결과를 바탕으로 거리에 따라 자석의 힘이 미치는 정도를 확인하고, 반복할 수 있는 상황을 제시하였다. 철로 된 빵 끈을 플라스틱 통에 넣고 자석을 플라스틱 통 가까이 또는 멀리하여 빵 끈 조각의 변화를 알아보는 것과 관련된 수행 내용에서 빵 끈 조각의 위치 변화가 있는지에 대한 확인 질문을 통해 중요한 관찰 현상을 확인하고 반복

Table 10. Experiment 3 (magnet attracts iron objects)

교과서에 제시된 실험 활동 내용	알고리즘 표현을 적용한 실험 활동 안내 자료
<ol style="list-style-type: none"> 1 빵 끈 조각을 투명한 통에 넣고, 투명한 통을 뒤집어 놓습니다. 2 막대자석을 투명한 통에 들어 있는 빵 끈 조각에 가까이 가져갈 때 빵 끈 조각이 어떻게 되는지 관찰해 봅시다. 3 막대자석으로 빵 끈 조각을 투명한 통의 윗부분까지 끌고 가 봅시다. 4 막대자석을 투명한 통의 윗부분에서 조금 떨어뜨려 보면서 빵 끈 조각의 위치를 관찰해 봅시다. 5 막대자석을 투명한 통의 윗부분에서 조금씩 더 떨어뜨려 봅시다. 빵 끈 조각이 어떻게 되는지 관찰해 봅시다. 	<pre> graph TD Start([자석을 철로 된 물체에 가까이 가져가면 어떻게 될까요?]) --> Step1[빵 끈 조각을 투명한 통에 넣기] Step1 --> Step2[투명한 통을 뒤집어 놓기] Step2 --> Step3[막대자석을 빵 끈 조각이 들어있는 통에 가까이 가져가기] Step3 --> Step4[빵 끈 조각의 위치 관찰하기] Step4 --> Dec1{빵 끈 조각의 위치 변화가 있나요?} Dec1 -- 아니오 --> Step3 Dec1 -- 네 --> Step5[막대자석으로 빵 끈 조각을 투명한 통 윗부분까지 끌고 가기] Step5 --> Step6[빵 끈 조각의 위치 관찰하기] Step6 --> Dec2{빵 끈 조각의 위치 변화가 있나요?} Dec2 -- 아니오 --> Step5 Dec2 -- 네 --> Step7[막대자석을 투명한 통의 윗부분에서 조금 떨어뜨리기] Step7 --> Step8[빵 끈 조각의 위치 관찰하기] Step8 --> Dec3{빵 끈 조각의 위치 변화가 있나요?} Dec3 -- 아니오 --> Step7 Dec3 -- 네 --> End([자석을 철로 된 물체에 가까이 가져가면: 철로 된 물체가 자석에 끌려와 달라붙는다]) </pre>

수행할 수 있는 형태로 구조화하였다. 즉, 막대자석을 철로 된 빵 끈 조각에 가까이 가져가거나 멀리 떨어뜨렸을 때의 빵 끈 조각의 위치 변화를 확인하고, 이를 반복 수행하는 과정을 반복형으로 구성하였다. 그리고 3번의 확인 과정이 포함된 확인 및 반복 수행의 결과로 알게 된 사실을 끝 기호에 제시하였다.

Table 11은 특정한 방향을 가리키는 자석의 성질을 알아보는 실험을 알고리즘 표현으로 구성한 것이다. 주요 내용 및 활동은 물에 띄운 자석이 가리키는 방향을 관찰하고, 이를 통해 자석의 N극과 S극을 확인하는 것이다. 이 차시의 내용과 관련하여 선행연구에서 제시한 오개념은 나침반이 가리키는 방향에 대한 것이다(Barrow, 1987). 특정한 방향을 가리키는 자석의 성질을 알아보는 실험 수업을 진행한 교사 A와 교사 C는 학생들이 나침반과 자석이 가리키는 방향을 비교하여 확인하도록 안내할 필요가 있음을 제시하였다. 교사 B는 교과서에는 물에 띄운 막대자석이 가리키는 방향을 확인하기 위해 다른 방향으로 다시 막대자석을 물에 띄워 보

도록 되어 있으나, 학생들의 수행은 한번에 그치거나 여러 번 실험하여 자석이 가리키는 방향을 확인하지 않기 때문에 이에 대한 고려가 필요함을 제시하였다. 따라서 선행연구와 면담 사례를 바탕으로 학생들이 막대자석이 가리키는 방향과 나침반 바늘의 방향을 비교 및 확인하는 질문을 판단 기호에 제시하고, 판단 기호에 따른 결과에 따라 반복 수행할 수 있는 형태로 구조화하였다. 이때, 막대자석이 가리키는 방향과 나침반 바늘이 가리키는 방향을 확인하지 못했을 경우, 다시 막대자석을 다른 방향을 가리키도록 놓고, 막대자석이 가리키는 방향을 확인하도록 구성하였다. 그리고 물에 띄운 막대자석이 가리키는 방향을 확인하는 반복 수행을 통해 알게 된 사실을 끝 기호에 나타내었다.

Table 12는 자화를 이용하여 나침반을 만들기 실험을 알고리즘 표현으로 구성한 것이다. 주요 내용 및 활동은 철로 된 머리핀을 자석에 붙여 자기화하고, 물에 띄워서 나침반이 가리키는 방향과 같은지 확인하는 것이다. 선행연구에서는 학생들이 나침반 바늘이 자성을 띠지 않는다고 생각하는 경향이 있

Table 11. Experiment 4 (the magnet is pointing in a certain direction)

교과서에 제시된 실험 활동 내용	알고리즘 표현을 적용한 실험 활동 안내 자료
<p>1 교실에서 동서남북의 방향을 확인합니다.</p> <p>2 원형 수조에 물을 담습니다.</p> <p>3 플라스틱 접시의 가운데에 막대자석을 올려놓고 물에 띄웁니다.</p> <p>4 플라스틱 접시가 움직이지 않을 때 막대자석이 어느 방향을 가리키는 지 관찰해 봅시다.</p> <p>5 플라스틱 접시를 돌려서 막대자석이 다른 방향을 가리키도록 놓습니다.</p> <p>6 플라스틱 접시가 움직이지 않을 때 막대자석이 어느 방향을 가리키는 지 다시 관찰해 봅시다.</p>	<pre> graph TD Start([물에 띄운 자석은 어느 방향을 가리킬까요?]) --> Step1[나침반으로 동서남북 확인하기] Step1 --> Step2[원형 수조에 물 담기] Step2 --> Step3[플라스틱 접시에 막대자석 올리기] Step3 --> Step4[막대자석이 담긴 플라스틱 접시를 물에 띄우기] Step4 --> Step5[막대자석이 담긴 플라스틱 접시가 멈출 때까지 기다리기] Step5 --> Step6[막대자석이 가리키는 방향 관찰하기] Step6 --> Step7[막대자석이 다른 방향을 가리키도록 놓기] Step7 --> Step8[막대자석이 담긴 플라스틱 접시가 멈출 때까지 기다리기] Step8 --> Decision{막대자석이 가리키는 방향과 나침반의 방향을 확인했나요?} Decision -- 아니오 --> Step7 Decision -- 네 --> End([물에 띄운 자석이 가리키는 방향: 항상 남쪽과 북쪽을 가리킨다]) </pre>

Table 12. Experiment 5 (making a compass using magnetization)

교과서에 제시된 실험 활동 내용	알고리즘 표현을 적용한 실험 활동 안내 자료
<p>① 머리핀을 클립에 대어 머리핀에 클립이 붙는지 확인합니다.</p> <p>② 막대자석의 극에 머리핀을 1분 동안 붙여 놓습니다.</p> <p>③ 막대자석에 붙어 놓았던 머리핀을 클립에 대 보면서 머리핀에 클립이 붙는지 확인합니다.</p> <p>④ 막대자석에 붙어 놓았던 머리핀을 수수깡 조각에 꽂습니다.</p> <p>⑤ 머리핀을 꽂은 수수깡 조각을 물에 담긴 원형 수조에 살며시 띄웁니다. 머리핀이 더 이상 움직이지 않을 때까지 기다립니다.</p> <p>⑥ 나침반 바늘이 가리키는 방향과 머리핀이 가리키는 방향을 비교해 봅시다.</p> <p>⑦ 북쪽을 가리키는 머리핀 끝부분에 N극 붙임 딱지를 붙이고, 남쪽을 가리키는 머리핀 끝부분에 S극 붙임 딱지를 붙여 봅시다.</p>	

으며 (Lee & Jeong, 2004), 나침반의 북쪽을 가리키는 부분만 자석이 된다고 생각하거나 (Song *et al.*, 2004), 자화와 자기쌍극자에 대한 개념을 어려워함 (Jang & Oh, 2009)을 보여주었다. 수업을 진행한 교사 B, 교사 C는 학생들이 철로 된 머리핀으로 나침반을 만드는 실험을 제대로 이해하기 위해서 머리핀이 자화가 되었는지 확인하고, 그렇지 않을 경우 어떻게 해야 할지 생각할 필요가 있으나, 학생들은 이를 확인하지 않음을 제시하였다. 또한 교사 A, 교사 B, 교사 C는 학생들이 단순히 머리핀을 물에 띄워서 가리키는 방향을 관찰하지만, 나침반이 가리키는 방향과 비교하여 확인할 필요가 있다고 제안하였다. 교사 C는 실험 전에 방위를 확인할 필요가 있음을 제시하였다. 선행연구에서 제시된 오개념 요소와 교사들의 면담 자료를 반영하여 구성한 실험 안내 자료는 나침반으로 방위를 확인하는 과정, 머리핀을 자화시키기 전에 머리핀이 자석이 아님

을 확인하는 과정, 그리고 이 과정에서 철로 된 머리핀에 클립이 붙을 경우 어떻게 해야 하는지에 대한 내용이 포함되었다. 또한 자화가 되었는지에 대한 확인 사항과 그에 따른 반복 수행, 자화된 머리핀이 가리키는 방향과 나침반 바늘이 가리키는 방향을 비교하는 확인 사항과 그에 따른 반복 수행을 나타내었다. 자화된 머리핀이 나침반 바늘과 동일한 방향을 가리킬 경우, 북쪽을 가리키는 부분에 N극을, 남쪽을 가리키는 부분에 S극을 표시하고, 실험 관찰 결과를 끝 기호에 나타내었다.

IV. 결론 및 제언

최근 컴퓨팅 사고에 대한 중요성과 관심이 증가함에 따라 다양한 교과에서의 적용 가능성이 제기되고 있다. 초등학교 과학에서 실험 활동이 하나의 문제 해결 과정이 될 수 있다는 측면에서 컴퓨팅

사고의 핵심인 알고리즘 사고 및 표현을 적용할 수 있다. 그러나 교사들은 알고리즘 사고와 관련된 경험이 부족한 편이며, 소극적인 태도를 보이는 경우가 많다(Jeon & Kim, 2016). 따라서 교사들이 쉽게 이해할 수 있는 알고리즘 표현의 실험 안내 자료가 개발된다면 교사들의 알고리즘 사고에 대한 이해와 이를 적용한 실험 실행에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다.

이에 본 연구에서는 교사들이 쉽게 이해할 수 있는 알고리즘 표현의 실험 안내 자료 구성 방안을 고안하였다. 그리고 그 예시로, 기존 교과서에서 제시하고 있는 ‘자석의 이용’ 단원 실험 방법을 알고리즘 표현의 실험 안내 자료로 개발하였다.

알고리즘 사고 표현인 순서도는 처리하고자 하는 문제를 분석하여 그 처리 순서를 단계화시켜 상호 간의 관계를 일정한 기호를 사용하여 일목요연하게 나타낸 그림이다. 따라서 알고리즘 표현의 실험 안내 자료를 고안하기 위해 먼저, 실험 활동 내용을 알고리즘 표현으로 나타낼 때 사용할 수 있는 기호를 선택하고 재구성하였다. 본 연구에서 사용한 순서도 기호는 이해하기 쉽고 많이 사용하고 있는 것으로 알려진 시작, 끝, 처리, 판단, 입·출력, 흐름선 기호이다. 이 중 기존의 시작 및 끝 기호는 동일한 타원형 모양 안에 문자로 시작과 끝만 표기하도록 되어 있으나, 본 연구에서는 시작과 끝 기호를 2개의 기호로 분리하여 제시하였다. 시작 기호에 실험 목적을 분명하게 제시하고, 끝 기호에는 실험 결과로 알게 된 사실을 간단히 적도록 하였다. 그리고 텍스트로 제시된 실험 안내 자료를 Chittaro (2006)의 정보 시각화 프로세스 요소를 반영하여 순서도의 대표적 형태인 직선형, 분기형, 반복형 구조로 변환할 수 있도록 하였다.

교사들의 알고리즘 표현에 대한 이해를 돕기 위해 교과서에 제시된 실험 중 알고리즘 표현의 기본적인 3가지 구조인 직선형, 분기형, 반복형이 모두 잘 드러나는 주제를 선택하여 알고리즘 표현 실험 안내 자료로 개발하였다. 개발한 주제는 자석의 성질과 관련된 실험으로, ‘자석의 이용’ 단원의 5종 실험이다. 안내 자료에 포함된 내용은 선행연구에서 제시한 자석의 성질과 관련된 오개념 요소, 교사 면담을 통해 추출한 실험에서의 고려해야 할 점이다. 면담에 참여한 교사들이 응답한 내용은 실험에서 학생들이 잘 수행하지 못했던 점과 실험을 잘

수행하기 위해 추가적으로 필요했던 사항, 교과서에 제시된 내용 외에 반복 수행이 필요한 부분 및 확인 사항이다. 이를 반영하여 개발된 5종의 실험 안내 자료는 직선형과 분기형이 혼합된 구조, 직선형과 반복형이 혼합된 구조로 나타났다. 본 연구에서 개발한 알고리즘 표현 실험 안내 자료는 정보의 적합성과 판단 여부에 따라 분기 및 반복의 알고리즘 구조를 가지고 있으며, 실험 과정을 시각화하여 표현했다는 측면에서 기존의 실험 안내 자료와 차이가 있다.

개발된 실험 활동 안내 자료를 초등교사 25명을 대상으로 완전성, 적합한 순서, 핵심 정보 선택, 시각적 표현, 추가적인 내용 및 구조, 실험 매뉴얼 대체 가능성 항목에서 5점 Likert 척도로 평가한 결과, 각각 평균 4점 이상으로 나타났다. 이를 통해 본 실험 안내 자료가 알고리즘 표현의 실험 활동으로 의미있게 표현되었음을 확인하였다.

본 연구에서 개발한 알고리즘 표현 실험 안내 자료의 활용 방안 및 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 텍스트로 구성된 문장을 기호로 변환하여 나타낼 수 있는 순서도 기호와 순서도의 대표적인 형태를 제안하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 알고리즘 표현 기호와 구조를 이용하여 다양한 주제의 실험 활동을 알고리즘 표현 실험 안내 자료로 개발할 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구에서는 자석의 성질 실험을 예시로 하여 알고리즘 표현 실험 안내 자료로 개발하였다. 자석과 관련된 실험은 잔류 자기, 자석의 착자 상태 등 여러 요인들에 의해 영향을 받을 수 있다. 따라서 실험 상황이 가진 다양한 맥락적인 특징을 반영하여 교사들이 재구성하여 사용할 수 있을 것이다.

셋째, 교사들이 학생들에게 탐구 과정을 알고리즘 표현으로 나타내도록 할 경우, 학생들의 활동을 가이드할 수 있는 자료로 활용될 수 있을 것이다.

넷째, 본 연구에서 개발한 알고리즘 표현의 실험 안내 자료는 순서도 형태로 제작되어 실험 목적과 방법에 대한 전체적인 흐름을 쉽게 파악할 수 있다. 또한 관련 오개념 및 실험 상황에서 고려할 점이 반영되어 있으므로 초등교사들의 과학 실험 수업 실행에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다.

다섯째, 컴퓨팅 사고의 핵심적인 부분인 알고리즘 사고 및 표현과 관련하여 교사들의 역량을 신장시킬 수 있는 도움 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Ashby, W. R. (1956). *An introduction to cybernetics*. Chapman and Hall. Retrieved from <http://pcp.vub.ac.be/books/IntroCyb.pdf>
- Atwood, R. K., Christopher, J. E., Combs, R. K., & Roland, E. A. E. (2010). In-service elementary teachers' understanding of magnetism concepts before and after non-traditional instruction. *Science Educator*, 19(1), 64-76.
- Barrow, L. H. (1987). Magnet concepts and elementary students' misconceptions. In J. Novak (ed), *Proceedings of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*, (pp. 17-22). Cornell University Press.
- Barrow, L. H. (2000). Do elementary science methods textbooks facilitate the understanding of magnet concepts? *Journal of Science Education and Technology*, 9(3), 199-205.
- Barwise, J., & Etchemendy, J. (1991). Visual information and valid reasoning. In W. Zimmerman & S. Cunningham (eds), *Visualization in teaching and learning mathematics* (pp. 9-24). Mathematical Association of America.
- Bederson, B. B., & Shneiderman, B. (2003). *The craft of information visualization: Readings and reflections*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Bell, T., Witten, I., & Fellows, M. (2015). *Computer science unplugged*. Retrieved from http://csunplugged.org/wp-content/uploads/2015/03/CSUnplugged_OS_2015_v3.1.pdf
- Bennett, V., Koh, K., & Repenning, A. (2013). Computing creativity: Divergence in computational thinking. *Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 359-364.
- Bezu, Z., Menberu, W., & Asrat, M. (2016). Improving the implementation of pre-laboratory flow chart, cooperative learning and laboratory report writing in first year organic chemistry laboratory class. *African Journal of Chemical Education*, 6(1), 47-64.
- Branch, R. M., Erika Mané, C., & Shin, M. Y. (2018). Effect of graphic element type on visual perceptions of curvilinear and rectilinear flow diagrams. *Journal of Visual Literacy*, 37(2), 119-136.
- Chittaro, L. (2006). Visualizing information on mobile devices. *ACM Computer*, 39(3), 40-45.
- Choi, B. G., & Jeon, Y. S. (2016). Analysis of abnormalities of magnet poles in an elementary science classroom. *New Physics: Sae Mulli*, 66(7), 893-899.
- Choi, H. (2016). Developing pre-service teachers' computational thinking: Analysis of the five core CT competencies. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 20(6), 553-562.
- Davidowitz, B., Rollnick, M., & Fakudze, C. (2005). Development and application of a rubric for analysis of novice students' laboratory flow diagrams. *International Journal of Science Education*, 27(1), 43-59.
- Dechsri. P., Jones. L., & Heikkinen. H. (1997). Effect of a laboratory manual design incorporating visual information-processing aids on student learning and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 891-904.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Go, B. O. (2012). A study on problem solving method utilizing algorithm (flowchart). *The Journal of Education Studies*, 49(1), 103-118.
- Gwon, O. J. (2015). A study on the perception of elementary school teachers on errors occurred in elementary school science classes. *The Journal of Education Studies*, 52(1), 45-60.
- Han, O. Y., & Kim, J. H. (2011). Development of a teaching-learning model for effective algorithm education. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 14(2), 13-22.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), 33-40.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hong, S. I., & Lee, J. H. (2012). Children's conceptual ecologies in the big-concept-based learning about permanent magnets. *New Physics: Sae Mulli*, 62(6), 572-583.
- Hwang, Y. H., Moon, G. J., & Choi, Y. H. (2020). Analysis of students' computational thinking competencies and their changes through computational thinking-based socioscientific issues (CT-SSI) educational programs. *Journal of Education & Culture*, 26(2), 175-196.
- Hwang, Y. H., Moon, G. J., & Park, Y. B. (2016). Study of perception on programming and computational thinking and attitude toward science learning of high school students through software inquiry activity: Focus on using scratch and physical computing materials. *Journal of the Korean Association for Science Educa-*

- tion, 36(2), 325-335.
- Im, J. G., Lee, S. R., Kim, J. Y., & Yang, I. H. (2010). An analysis on the factors that causes the difference between teachers and students on the perception of the laboratory class aims in elementary school. *Journal of Science Education*, 34(2), 359-368.
- Jang, H. S., & Oh, W. G. (2009). Secondary students' misconceptions about magnetic fields and magnetic materials. *New Physics: Sae Mulli*, 58(6), 629-637.
- Jeon, B. H. (1996). Mainly about 'magnet' subjects matter selection and teaching in the primary science education. *The Journal of the Institute of Science Education*, 17(1), 171-190.
- Jeon, Y., & Kim, T. (2016). Suggestions of instructional strategy in the affective aspect through the analysis of causality between the computer learning attitude factors of the non-major students in the software education class of the teacher training college. *Journal of Korean Association of Computer Education*, 22(1), 169-172.
- Jeong, Y. S. (2014). A study on the content framework of algorithm education in primary and middle schools. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 18(2), 275-284.
- Kang, E. J., & Kim, J. N. (2020). The effects of experimental activity with computing thinking expression on elementary school students' scientific models. *New Physics: Sae Mulli*, 70(7), 595-602.
- Khan, M., & Khan, S. S. (2011). Data and information visualization methods, and interactive mechanisms: A survey. *International Journal of Computer Applications*, 34(1), 1-14.
- Kim, H. S., & Choi, S. Y. (2019). The effects of instructional strategies using the process of procedural thinking on computational thinking and creative problem-solving ability in elementary science classes. *Journal of Science Education*, 43(3), 329-341.
- Kim, K. S. (2016). A recognition analysis of elementary teachers for software education of 2015 revised Korea curriculum. *Journal of the Korea Association of Information Education*, 20(1), 47-56.
- Kim, M. Y., & Kim, S. W. (2020). The effect of scientific problem-solving education using physical computing on computational thinking. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(8), 387-410.
- Lee, H. C., & Jeong, S. H. (2004). An investigation of pre-service teachers' understandings on magnet. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 23(2), 141-151.
- Lee, H. J., Lee, Y. S., Lee, H. I., Kang, H. G., & Kim, J. B. (2017). Factors affecting on strength and polarity of magnetization in textbook for elementary school. *School Science Journal*, 11(1), 59-66.
- Lee, H. W. (2008). A study on the education effect of algorithm identification. Master's thesis, Graduate School of Education, Kyunghee University.
- Lee, J. H., & Hur, K. (2010). Development of elementary robot programming problems using algorithmic thinking-based problem model. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 14(2), 189-197.
- Lee, Y. B., & Park, J. E. (2012). Pedagogical methodology of teaching activity-based flow chart for elementary school students. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 16(4), 489-501.
- Lohse, G. L., Biolsi, K., Walker, N., & Rueter, H. H. (1994). A classification of visual representations. *Communications of the ACM*, 37(12), 36-50.
- Mayer, R. E. (1994). Visual aids to knowledge construction: Building mental representations from pictures and words. In W. K. Schnotz (ed), *Comprehension of graphics* (pp. 125-138). North Holland.
- Ministry of Education [MOE]. (2015a). National practical course/computer and information curriculum No. 2015-74.
- Ministry of Education [MOE]. (2015b). National science curriculum No. 2015-74.
- Shim, J. K. (2018). Analysis of teacher's ICT literacy and level of programming ability for SW education. *KIPS Transactions on Computer and Communication Systems*, 7(4), 91-98.
- Silvester, K. J., & O'Neill, J. C. (2019). Manufacturing cost flow diagrams as an alternative method of external problem representation -A diagrammatic approach to teaching cost accounting and evidence of its effectiveness. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 16(2), 81-104.
- Smolleck, L., & Hershberger, V. (2011). Playing with science: An investigation of young children's science conceptions and misconceptions. *Current Issues in Education*, 14(1), 1-32.
- Song, J. W., Kim, I. G., Kim, Y. M., Gwon, S. G., Oh, W. G., & Park, J. W. (2004). Instruction of students' misconceptions in physics [학생의 물리 오개념 지도]. Books Hill. pp. 125-127.
- Sullivan, D. O., & Igoo, T. (2004). Physical computing: Sensing and controlling the physical world with computers. Course Technology Press Communications of

- the ACM, 52(6), 28-30.
- Wertheimer, M. (1922). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. *Psychologische Forschung*, 1(1), 47-58.
- Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2), 7-14.
- Yoo, J. H., & Kim, J. H. (2008). A conceptual study on computational thinking in problem-solving process. *The Journal of Creative Informatics & Computing Education*, 2(2), 15-24.
- Yoon, M. R., Park, J. S., & Park, I. W. (2017). Elementary school teachers' perception on the compass making activity and improving and application of the activity. *Korean Journal of Elementary Education*, 28(3), 49-59.

강은주, 옥포초등학교 교사(Kang, Eunju; Teacher, Okpo Elementary School).

† 김지나, 부산대학교 교수(Kim, Jina; Professor, Pusan National University).