

ORIGINAL ARTICLE

컴퓨팅 사고력 기반 지구과학 언플러그드 활동의 효과와 시사점 탐색: 고체지구 영역의 문제해결을 중심으로

홍석영*

(한국교원대학교 박사과정)

Exploring the Effects and Implications of Earth Science Unplugged Activities Based on Computational Thinking: Focusing on the Problem Solving of Solid Earth Domain

Seok-Young Hong*

(Korea National University of Education)

ABSTRACT

In this study, teaching-learning activities were developed based on computational thinking (CT) in high school Earth Science I Solid Earth domain. And their effects and implications were examined. To this end, 8 sessions unplugged activities based on problem solving were developed, and applied it to 65 high school students. As a results, significant changes have been were confirmed in both student's perception about CT and CT. After that, based on student's responses to self-reports and interview, the affecting factors for perception about CT and CT in the earth science problem solving process were investigated. In addition, implication that should be considered in terms of design and progress of teaching-learning based on CT were derived. Based on these results, the necessity and operation of teaching-learning activities was suggested for developing CT through various subjects including earth science.

Key words : computational thinking, problem solving, unplugged activities, earth science, solid earth

I. 서론

지식정보화기반 시대에 필요한 기본적인 능력으로 컴퓨터 관련 기술(이하 컴퓨팅)이 강조되고 있다(교육부, 2015). 이는 컴퓨터를 활용하기 위해 필요한 기초적인 능력만을 일컫는 것이 아니라, 비약적으로 발전하고 있는 인공지능(AI)과 빅데이터 처리 등과 같은

지능정보기술을 이해하고 이를 향유하는 능력을 포함하는 포괄적인 개념이다. 미래사회의 변화에 능동적으로 대응하는 인재를 양성하기 위해 학교 교육에서도 컴퓨팅은 더욱 중요한 학습요소로서 인식되고 있다(한국교육과정평가원, 2020).

ATC21S(Assessment and Teaching of 21st Century Skills)에서 미래의 직무와 관련하여 컴퓨팅을 강조한

Received 20 July, 2021; Revised 14 August, 2021; 24 August, 2021: Accepted 26 August, 2021

*Corresponding author: Seok Young Hong, Korea National University of Education, 250, Taeseongtabyeon-ro, Gangnae-myeon, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, 28173, Korea

E-mail: gfdsl206@naver.com

© The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이후로(Griffin *et al.*, 2011) 국가적인 차원에서 교육과정과 교육 방법, 평가 등에 컴퓨팅을 더욱 적극적으로 도입하려는 시도가 있었다. 영국에서는 2014년부터 학생들이 지식을 표현하며, 새로운 아이디어를 만들어내는 미래사회의 적극적인 주체로서 성장하는 것을 목표로 컴퓨터 과학(Computing) 교과목을 운영 중이며(Department of Education, 2013), 미국에서는 컴퓨팅이 미래사회에 기본적인 필수적인 기술이 될 것이라고 강조하며 Computing Curricula 2020이라는 현대적인 컴퓨팅 교육과정을 개발하였다(ACM & IEEE-CS, 2020). 우리나라도 2015 개정교육과정에 들어 중학교 교육과정에서 정보 교과를 필수 이수 과목으로 지정하거나, 고등학교에서 이와 관련한 다양한 교과를 개설하며 컴퓨팅과 관련한 학습 기회를 마련하고자 하였다(교육과학기술부, 2015). 또한 인공지능이나 빅데이터와 관련한 교원 연수, 교육대학원 등의 시스템을 도입하여 미래사회 교육에 필요한 교사의 컴퓨팅 역량을 개발할 수 있도록 하는 다양한 정책을 시행 중이다.

한편 컴퓨팅을 활용하고 학습하는 과정에서 길러질 수 있는 다양한 능력 중에서 가장 보편적으로 인식되고 있는 것은 Wing(2006)이 제안한 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking, 이하 CT)이다. Wing(2006)은 CT가 21세기를 살아가는 사람들에게 필요한 기본적인 능력이며, 이를 읽기(Reading), 쓰기(Writing), 계산(Arithmetic)과 동등한 위상을 갖는 소양으로 인식해야 함을 강조하였다. 이후 다양한 측면에서 CT를 규명하거나 CT의 하위 요소 간의 관계를 밝히고자 하는 시도가 활발하게 진행되었다(정영식 외, 2017). 대표적으로 NRC(2010)에서는 CT가 절차적 사고와 유사한 측면을 들며 컴퓨터 과학에서 복잡한 문제를 처리하고 수행하는 과정에서 활용되는 사고력으로 정의한다. ISTE & CSTA(2011)에서는 데이터 구성 및 조직, 추상화, 알고리즘 사고 등을 포함하며 컴퓨터를 통해 문제를 가장 효율적으로 해결하기 위해 필요한 능력으로 설명한다. 이러한 측면에서 CT는 다양한 컴퓨터 관련 요소를 포함하며, 알고리즘 역량, ICT 역량, 디지털 리터러시 등과 같은 정보·기술 측면의 소양이나 역량과도 유사한 부분이 있다. 이로 인해 일부 연구에서는 CT를 컴퓨터 활용 능력, SW 활용 능력 등과 혼용하여 설명하는 경우가 있으며, 이를 정보·컴퓨팅 교과만의 단편적인 교육목표로 인식하는 경향이 나타나기도 한다(Kalelioglu *et al.*, 2016). 하지만 이를 특정 교과 교육만의

목표로 인식하는 것은 부적절하다. CT가 미래사회의 모든 사람들에게 필요한 기초적인 소양이라는 관점에서 보다 중요하게 인식해야 하는 것은 CT가 일상적이며 다양한 문제해결과정에 필요한 사고력과 관련된다는 것이다(Haseski *et al.*, 2018; Weintrop *et al.*, 2016). 이러한 관점에서 CT는 특정 교과 교육의 목표로서만 한정되기보다 학교 교육을 통하여 달성할 수 있는 보편적인 목표의 하나로서 이해되어야 하며, 학교에서는 이를 개발할 수 있도록 하는 다양한 교육 활동의 기회를 제공하는 것이 필요하다.

최근들어 CT는 과학교육에서도 더욱 강조되고 있다. 이는 CT가 과학적 문제의 원인을 발견하고, 문제해결과정을 수립하거나 절차화 하는데 필요한 논리적 사고력, 추론 능력과도 관련될 뿐만 아니라 나아가 시스템적 사고나 과학적 모델링, 메타인지적 사고와도 관련된다는 연구들이 진행되었기 때문이다(Csizmadia *et al.*, 2015; Easterbrook, 2014; Mensan *et al.*, 2020; Park & Green, 2019; Sengupta *et al.*, 2013). 이에 미국의 NGSS에서는 CT가 과학적인 자료를 조직하고, 과학적인 방법을 절차화 하는 과정 등에서 활용된다는 점을 들어 이와 관련한 내용이 학교 과학교육에서도 실천될 수 있도록 해야 한다고 주장하였으며(NGSS Lead States, 2013), 우리나라의 미래세대 과학교육 표준(KSES)에서도 다양한 정보를 처리하고 이를 통해 문제를 해결하는 과정을 강조하며 과학적 사고력 영역의 하위 요소로 CT를 도입하는 등(송진웅 외, 2019) 학생들의 CT 개발을 위한 과학교육 차원에서의 노력을 강조하고 있다.

또한 CT기반의 과학교수학습 방법에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 주로 과학적 내용 지식에 기반하여 아두이노, 블록코딩, Python 등과 같은 학습용 프로그래밍 언어와 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 교수학습활동에 대한 연구(김미영과 김성원, 2020; 김순화 외, 2015; 정하나와 전영석, 2020; 한신과 김형범, 2020; Basu *et al.*, 2016)가 진행되었다. 이러한 연구들은 학생들의 CT, 논리적 사고력과 같은 인지적 측면에서의 효과와 CT에 대한 인식, 과학학습에 대한 흥미, 과학적 태도 등과 같은 정의적 측면에서 효과를 확인하였다. 또한 문제해결에 필요한 자료와 정보의 수집, 문제해결 절차 설계 능력 측면(윤진아 외, 2020; Basu *et al.*, 2017), 과학 학업성취도(Lapawi & Husnin, 2020) 등 문제해결과 과학학습에 주는 효과를 확인하기도 하였다.

이와 같은 연구에서는 학생들이 CT를 향상하고 이에 대한 긍정적인 인식을 갖게 하는 것이 과학학습에 필요한 기본적인 사고력을 증진할 수 있는 방법이자 과학학습을 지속시키는 요인이 되며, 나아가 복잡하면서도 다양한 과학적인 문제를 해결하는 데도 중요한 요소라는 것을 확인할 수 있다. 다만 컴퓨팅 도구를 활용하는 경우 학습 환경이나 공간적 측면에서 일부 제약이 있다는 점에서 학교 현장에서의 적용 측면에 한계점이 나타나기도 한다.

이러한 점에서 컴퓨팅 도구를 활용하지 않는 언플러그드 활동을 통하여 CT의 사고 과정 자체를 강조하는 교수학습활동을 개발하는 연구가 진행되기도 하였다. 김현석과 최선영(2019)은 초등학생들을 대상으로 순서도와 절차적 사고를 활용한 과학 탐구 과정을 개발하였으며, 이를 수업에 적용한 결과로 CT와 창의적 문제해결능력의 향상을 확인하였다. 황요한 외(2020)는 중학교 영재학생을 대상으로 CT에 기반하여 과학 관련 사회적 쟁점 교육 활동(CT-SSI)을 진행하였으며, 그 결과로 문제해결을 위한 논리적인 추론에 필요한 추상화 능력, 정보를 판단하는 능력, 근거를 사용하는 능력 등에서 유의미한 효과를 발견하였다. 김혜란과 최선영(2019)은 초등학교 생물 단원을 중심으로 알고리즘이나 보드게임 등과 같은 도구를 활용하는 언플러그드 컴퓨팅 융합교육프로그램(CT-STEAM)을 개발하여 적용하였으며 학생들의 과제 난이도, 자기조절 효능감 등에서 유의미한 효과를 확인하였다. Mensan *et al.* (2020)은 초등 과학교육에서 활용할 수 있는 언플러그드 기반의 CT 교수학습 자료와 모듈을 개발하였으며, Chongo *et al.* (2021)은 화학교육의 학습 내용을 활용하여 언플러그드 기반의 CT 교수학습 방법을 개발하고 이를 적용한 결과로 화학 학습성취도 측면에서의 유의미한 효과를 확인하였다. 이와 같은 연구들은 과학 교수학습의 방법이나 활동의 구성을 통해서도 CT와 CT에 대한 인식, 학업성취도 등을 향상할 수 있다는 것을 시사한다. 또한 특별한 컴퓨팅 도구가 필요하지 않다는 점에서 일반적인 학교 현장에서도 쉽게 적용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 기존의 연구들이 주로 초·중등 학생들이나 영재 학생들을 대상으로 진행되었기에 고등학생들을 대상으로 진행되는 연구와 그 결과에 대한 논의가 상대적으로 미흡한 편이며, 또한 수업의 소재 측면에서 지구과학 분야의 연구가

미흡한 편이다.

이에 본 연구에서는 고등학교 지구과학 교과에서 활용할 수 있는 CT 기반의 언플러그드 교수학습활동을 개발하고 그 효과와 시사점을 탐색하고자 하였다. 이를 위해 지구과학 I의 고체지구 영역의 내용을 활용하였다. 이 영역은 지구 시스템의 지권(Geo-System)과 관련한 다양한 내용 요소를 학습하는 기회를 제공한다(교육부, 2015). 이러한 내용의 문제를 해결하는 과정에서는 다양한 요소를 복합적으로 고려해야 한다.

예컨대, 판구조론이나 지구의 역사와 관련한 내용은 시간적인 순서를 고려하여 문제를 해결하며 순차적·절차적 사고가 필요하며, 암석의 관찰을 통해 나타나는 특징들을 수집하여 귀납적으로 조직화하는 과정에서는 정보 수집, 추상화와 같은 CT의 다양한 하위 요소가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 주제를 바탕으로 실제 컴퓨터나 프로그램이 없어도 운영할 수 있는 언플러그드 활동을 중심으로 문제해결에 초점을 둔 교수학습활동을 개발하고자 하였다. 이러한 연구를 통해 지구과학 교과에서 CT 기반의 교수학습활동에 대한 가능성을 탐색하고, 나아가 다양한 교과목에서 CT 기반의 교수학습방법과 자료 개발을 위한 시사점을 도출할 수 있을 것이라 기대한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 목적은 지구과학 I의 고체지구 영역에서 CT 기반 언플러그드 교수학습활동을 개발하고 이를 적용하였을 때의 효과와 그 시사점을 탐색하는 것이다. 이를 위해 충청북도 중소도시 소재의 A 고등학교 2학년 학생 65명(남 37명, 여 28명)을 대상으로 연구를 진행하였다. 본 연구의 대상은 지구과학 I을 수강하고 있는 학생들로 전반적인 과학교과목에 대한 성취는 전국연합학력평가를 기준으로 중·하위권에 분포한다.

연구 대상이 속한 고등학교는 ‘과학·AI 융합 중점 교과특성화학교’로 지정되어 필수 교과목으로 1학년에 정보 교과를 이수하도록 하였기에, 프로그래밍에 대한 기초적인 지식을 가지고 있다. 본 연구에서 개발하고자 한 교수학습활동이 일련의 프로그래밍 과정을

Table 1. The details of teaching and learning activities process

교수학습활동 단계	내용
문제 상황 분석	문제 상황 파악 및 자료 수집 및 분석 문제해결을 위한 작은 단위로의 분해
아이디어 탐색	문제해결 과정 추상화 문제해결을 위한 의견 토론
해결 과정 수립	문제해결을 위한 알고리즘(과정) 작성 및 시뮬레이션
해결 과정 보완 및 반영	문제해결 과정 보완 다른 문제에 적용하기

모방하며 알고리즘, 순서도 등과 같은 개념을 포함하기에 이러한 연구를 진행하기에 적절한 대상이라 판단하였다. 연구 대상들은 고체지구 영역을 학습한 이후 2021년 4월과 5월 사이 총 8차시에 해당하는 활동에 참여하였다.

2. 언플러그드 교수학습활동 개발

언플러그드 형태의 교수학습활동 개발을 위하여 고체지구 영역의 핵심개념인 판구조론, 지구구성물질, 지구의 역사 중 CT를 활용한 문제해결에 적절한 주제를 선정하였다. 또한 전반적인 교수학습활동의 단계를 구성하기 위해 CT 기반의 문제해결과정, 알고리즘을 활용한 문제해결, 컴퓨팅 도구를 활용한 문제해결 등에서 활용하는 교수학습모델을 참고하여 공통의 요소를 도출하였다. 대부분의 선행 연구들은 문제에 대한 상황을 분석하고, 이를 기반으로 문제해결과정을 설계하여 실행한 이후 이러한 문제해결과정을 다시 보완하는 형태로 구성되어 있는 것이 특징이다(김혜란과 최선영, 2019; 황요한 외, 2020; Chongo *et al.*, 2021; Futschek & Moschitz, 2010; Mensan *et al.*, 2020). 이러한 선행연구를 바탕으로 전체적인 교수학습 활동 단계

를 문제 상황 분석, 아이디어 탐색, 해결 과정 수립, 해결 과정 보완 및 반영의 총 4단계의 순서로 구성하였으며 각 단계의 구체적인 내용은 Table 1과 같다. 다만 문제해결과정에서 계획을 수립하고 이를 실행하는 과정이 일반적인 순서를 가지고 있기는 하지만 특정한 단계에서 이전의 절차로 돌아가거나, 일부 순서를 변경하는 것이 적절한 경우가 있다(홍석영 외, 2020). 이에 본 연구에서도 개발된 교수학습단계에 따라 수업을 진행 하되, 학생들이 자신의 상황에 맞추어 이를 유연하게 활용할 수 있도록 하였다.

교수학습활동의 세부적인 주제와 내용 등을 개발하는 과정에서는 지구과학 교육학 전문가 1인, 지질학 분야의 연구를 진행한 경험이 있는 지구과학 교육학 박사과정 2인과의 논의를 지속하였으며, 또한 연구 대상에 투입하기 이전인 2021년 3월에 지구과학 I 수강 경험이 있는 고등학교 3학년 18명의 학생들을 대상으로 pilot-test를 진행하며 내용 타당도를 확보하고자 하였다. 이러한 과정에서 일부 데이터 마이닝의 세부적인 방법과 컴퓨팅에 필요한 전문적인 개념을 설명하는 부분이 어렵다는 의견이 많았기 때문에 이를 도구적인 요소로 언급하는 형식으로 제시하며 고체지구 영역의 핵심개념에 초점을 맞추어 전반적인 프로그램의 내용과 표현, 분량 등을 수정하였다. 최종적으로 본 연구에서 개발한 교수학습활동은 총 8차시로 구성되며 구체적인 내용은 Table 2와 같다.

1~2차시는 스무고개 놀이나 핀볼과 같은 게임을 활용하여 의사결정트리, 랜덤포레스트 등의 데이터마이닝 개념을 간략하게 제시하였다. 이후 대륙이동설부터 플룸 구조론 중 특정한 지질학적 현상을 가장 잘 설명할 수 있는 이론을 맞추는 과정을 의사결정트리, 순서도 등의 방식으로 표현해보도록 하였다. 이러한 활동을 통해, 순서도와 알고리즘 작성의 논리적인 표현 방

Table 2. Main contents of teaching and learning activities

핵심개념	차시	주요 내용	CT 기반 문제해결요소
판구조론	1-2	• 순서도 작성 방법 이해 • 플룸 구조론까지의 과학사 발전 과정 의사결정 모형 작성	• 정보 수집 및 분석 • 알고리즘 표현
지구구성 물질	3-4	• 기계학습의 의미와 프로그래밍 언어의 방법 이해 • 화성암을 분류해주는 인공지능의 원리 탐색과 다른 상황에 적용	• 정보 수집 및 분석 • 모델 설계 (추상화, 자동화 등) • 알고리즘 표현
지구의 역사	5-8	• 지층의 해석과정에 대한 가상의 라이브러리와 역전, 판입, 변형 등에 대한 가상의 명령 정의 • 지층의 생성순서를 파악하는 가상의 인공지능 언플러그드 코딩	• 정보 수집 및 분석 • 모델 설계 • 알고리즘 표현

그렇다면!! 이 인공지능은 무엇을 기준으로 화강암과 현무암을 인식할 수 있는 것일까? 암석을 판단하는데 학습해야 하는 요소와, 이를 통해 다양한 형태의 암석 분류 의사결정 트리를 제작해보자.

학습해야 하는 요소는 무엇인가?

- A1. 색 (한색적인)
- A2. 입자의 크기
- A3. 암석의 패턴
- A4. 표면의 구멍 여부
- A5. 포함되어 있는 색의 개수
- A6. 식명의 포함 여부 (어느정도 들어있는지)
- A7. 부엌을 때 잡당의 정도.
- A8. 새발인자 조형성인가.
- A9. 면도
- A10. 생장된 위치

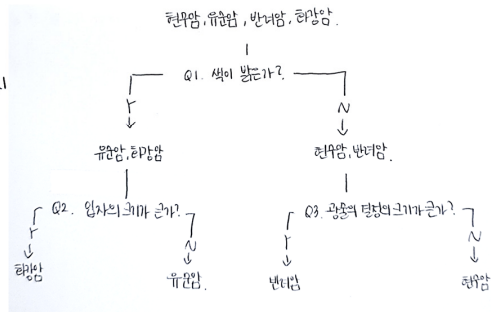


Fig. 1. Student worksheets on 'composition matter of Earth' subject.

자료	#지층 해석	결과
<p>•역전이 나타난 층을 포함한 이전의 순서를 바꾸는 방법을 생각해 보자.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <div style="background-color: #ccc; padding: 5px; width: 50px; margin: 0 auto;">3</div> <div style="background-color: #999; padding: 5px; width: 50px; margin: 5px auto;">2 (역전흔적있음)</div> <div style="background-color: #666; padding: 5px; width: 50px; margin: 5px auto;">1</div> </div>	<p>시작! 지층해석</p> <p>지질단면도 = ('자료')</p> <p>지층해석.지층 수준의 법칙('지질단면도')</p> <p>지층해석. 결과()</p> <p>층의번호 = 1</p> <p>지질단면도에 있는 층을 살펴봅니다</p> <p>층의번호가 1부터 3이 될 때까지 반복합니다.</p> <p>만약</p> <p>그러면</p> <p>지층해석.지층 수준의 법칙('지질단면도'.역전=True)</p> <p>#역전=True 는 역전의 결과를 반영하는 것이다.</p> <p>지층해석. 결과()</p>	<p>1-2-3</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • 자료를 지질단면도로 입력한다. • X층 이전의 순서를 뒤집고 역전을 기입한다. • 아래층부터 쌓였다고 해석한다. • X층에서 역전구조가 발견된다.

Fig. 2. Developed contents on 'History of Earth' subject.

법을 이해하도록 하였다.

3-4차시는 지구구성물질(화성암)을 주제로 암석을 분류하는 활동으로 구성하였다. 사용자가 그린 그림을 인식해주는 다양한 인공지능 도구의 사례를 제공하고 인공지능이 이미지나 동작을 인식하는 원리와 과정을 생각해 볼 수 있도록 하였다. 이후 주변에서 이름을 모르는 미지의 화성암을 발견하였을 때 그 암석의 이름을 판단하는 가상의 인공지능을 상정하고, 이러한 인공지능에게 필요한 알고리즘과 학습 요소를 작성해보며 다양한 화성암의 특징을 관찰하고 정리할 수 있는 기회를 제공하였다.

마지막으로 5~8차시에 해당하는 지구의 역사 주제에서는 지질단면도를 인식하여 지층의 생성순서를 파악하는 가상의 인공지능을 개발하는 것을 목표로 이러한 인공지능에게 필요한 학습 요소, 지층의 해석과정 등을 명시적으로 표현해보는 활동을 진행하였다. 이 과정에서 역전, 관입, 부정합 등의 학습 요소를 활용하

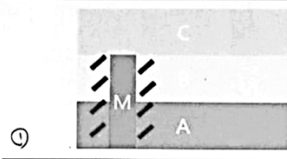
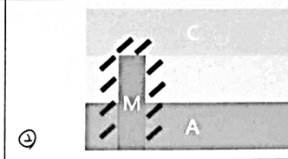
여 지층의 선후 생성순서를 확인하는 방법과 과정을 이해할 수 있도록 하였다.

지구구성물질 주제에서 활용한 학습자료와 학습 활동 내용의 일부는 Fig. 1과 같다. 이는 가상의 인공지능이 암석을 판별하는데 필요한 학습 요소와 절차를 작성해보도록 한 것이다. 이를 기반으로 다양한 화성암을 직접 관찰하고 암석이 갖는 고유한 특징과 성질을 이해할 수 있도록 하였다.

Fig. 2는 지구의 역사 단원에서 활용한 학습자료로 가상의 인공지능이 지질단면도 이미지를 인식하여 지층의 생성순서를 파악하게 되는 과정을 작성하도록 한 것이다. 역전구조가 발견된 지질구조를 해석하는 논리적인 과정을 작성하도록 하였으며, 인공지능에게 필요한 문제해결과정을 알고리즘과 순서도의 형태로 나타낼 수 있도록 하였다.

이후에는 관입, 부정합, 단층 등의 요소를 하나씩 추가하며 다양한 지질학적 사건이 있었던 지질단면도

#접촉 변성이 일어나기 위한 조건은 '기존의 암석이 있는 곳에 마그마가 관입한 것' 이다.

import 지층해석
지질단면도 = ('자료')

접촉 변성= 기존의 암석이 있는 곳에 마그마가 관입하여 온도가 높아지며 생기는 변성 흔적이다.
시간 속 역전의 흔적이 있는지 본다.
(만약) 역전의 흔적이 없다면 A→B→C 순으로 생각 못할 것이다.
//은 접촉 변성 부분이다.
①과 ②에 차이가 있는지 본다.
①과 ②의 ②에 또 다른 접촉 변성이 있는지 본다.
①과 ②는 A→B→M으로 동일하다.
만약 ②에 ①과 달리 C까지 //의 흔적이 있다면, 그것은 C까지 마그마가 올라갔다는 것임
A→B→C→M이고, 그렇지 않다면 A→B→M→C이다

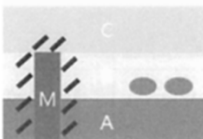
자료	#지층의 생성 순서 파악	예상결과
	<p>층이 아래쪽부터 생성되고 인식한다 (지층 순서의 법칙)</p> <p>층을 만약 층(숫자) 회가 기저역암을 포함한다면, 그러면 [층(숫자)] 와 [층(회) - 1] 사이에는 층기, 침강이 있었다고 해석한다.</p> <p>또, 만약 접촉변성이 층[회]까지 나타난다면, 그러면 M은 [층] 이후 다음에 생성된 이후 관입하였다.</p>	<p>A-용기-침강 -B-C-M관입</p>

Fig. 3. Student worksheet on 'Analysis of geological section' subject.

를 해석하는 최적의 알고리즘이 무엇인지에 대해 추론하는 활동을 통해 개념을 확장할 수 있도록 하였다. 이 과정에서 학생들은 다양한 지질단면도를 분석하고 가상의 인공지능이 이를 해석할 수 있도록 하는 규칙성을 발견하고 이를 언어로 표현 하였다. Fig. 3은 역전의 흔적과 기저역암, 접촉변성대가 동시에 산출되는 지질단면도 해석에 대한 학생들의 활동지 중 일부이다. 두 지역에서 서로 다른 접촉변성대가 나타나는 현상의 원인을 분석하기 위해 관련한 내용 요소를 살펴 보며, 이를 해석하는데 필요한 결정적인 요소가 무엇인지 파악하게 된다. 이후 역전의 흔적이 나타나는 경우 기존 예상 결과의 순서를 변환하거나, 기저역암을 발견하는 경우 부정합(용기-침강)이 일어난 시기를 추론하는 등 지층의 형성 과정을 판단하게 되는 과정을 작성하였다. 이를 위하여 학생들은 층을 정의하고, 관입, 역전, 부정합 등의 지질학적 현상을 해석하는 과정을 일반화하여 표현하였다.

3. 검사 도구 및 자료 분석

개발한 언플러그드 교수학습활동을 적용하였을 때의 효과로서 CT 측면, CT에 대한 인식 측면의 변화를 확인하고자 하였다. 본 연구에서 활용한 검사 도구와 방법을 정리하면 Table 3과 같다. CT의 변화를 확인하기 위해 한국교육학술정보원(2018)에서 SW 교육 역량을 진단하기 위해 개발한 검사 도구를 활용하였다. 이는 CT와 정보문화 소양을 측정하기 위한 13개의 문항으로 구성되어 있으며 CT에 해당하는 문항은 이 중 11개이다. 문항은 4개의 CT 능력 요소(분석, 설계, 실현, 평가) 범주로 구성되며, 이는 각각의 7개의 CT 하위 요소(정보 수집, 정보 분석, 모델 설계, 알고리즘 표현, 구현, 적용, 평가)를 포함한다. CT에 대한 인식 검사 도구로는 Yadav et al.,(2011)이 제작한 검사를 활용하였다. 이는 교육전공의 학생들을 대상으로 CT에 대한 인식 변화를 확인하기 위하여 제작되었으며, 총 16개

Table 3. Test methods and contents

범주	검사 도구	영역 및 내용
CT 측면	소프트웨어교육 역량 진단도구 중 컴퓨팅 사고력 영역 (한국교육학술정보원, 2018)	CT 세부영역(분석, 설계, 실현, 평가) 11문항, 객관식 5지선다로 구성
CT에 대한 인식 측면	CT에 대한 인식 검사도구(Yadav <i>et al.</i> , 2011)	CT에 대한 인식 16문항, 4단계 리커트척도로 구성
교수학습활동에 대한 인식 측면	자기 보고서 및 반구조화 된 면담	교수학습활동에 대한 인식 및 시사점

의 문항으로 각 문항에 대해 ‘매우 동의한다’에서 ‘매우 동의하지 않는다’까지의 4단계 리커트 척도로 응답할 수 있도록 구성되었다. 기존 검사도구는 영문으로 작성되어 있어 고등학생들의 수준에 맞는 어휘와 표현을 활용하여 번역하였다. 검사 도구는 교수학습활동의 사전-사후에 투입하였으며, 응답 결과에 대해 SPSS 25.0을 활용하여 독립표본 t-test를 진행하였다.

또한 본 연구에서 개발한 교수학습활동이 학생들에게 어떠한 측면에서 영향을 주는지 확인하고 CT 기반의 교수학습활동에 대한 시사점을 도출하고자 활동 이후 활동 소감과 자신의 성장, 변화, 어려움 등에 대한 자기보고서를 작성하도록 하였다. 또한 면담 의사를 밝힌 6명의 학생들을 대상으로 반구조화 된 면담을 실시하였다. 면담은 학생들이 작성한 자기보고서를 활용하여 CT 기반 교수학습활동의 참여 경험, 문제해결과정에서의 사고 과정, 다른 수업과의 차이점 등에 대한 질문을 구성하였으며 평균적으로 약 30분가량 진행되었다.

면담 내용은 모두 녹음한 후 전사하였으며, 전사 자료와 자기보고서의 응답을 귀납적으로 분석하였다. 이 과정에서 10년 이상의 현장 지구과학교사 경험이 있는 지구과학 교육학 박사과정 4인과의 동료 협의를 진행하며 연구자가 자료에 대해 가지고 있는 주관적인 편견을 줄이고 분석의 타당도를 확보하고자 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

교수학습활동에 참여한 학생들 65명을 대상으로 활동 사전과 사후에 CT 측정검사, CT에 대한 인식 검사를 투입하였으며 각 응답 결과에 대하여 독립표본 t-test를 진행하였다. 또한 활동 이후 작성한 학생들의 자기보고서와 6명을 대상으로 진행한 면담 내용의 분석결과를 제시하였다.

1. CT 측면의 효과

CT에 대한 사전-사후 검사 결과의 독립표본 t-test의 결과는 Table 4와 같다. 사전 평균 5.83점, 사후 평균 6.50점으로 향상되었으며, $p < .01$ 수준에서 통계적으로 유의미한 변화가 있음을 확인하였다. 학생들의 CT 변화의 구체적인 요인을 탐색하기 위해 CT 검사 도구의 하위 영역인 분석, 설계, 실현, 평가에서 독립표본 t-test를 실시하였으며 결과는 Table 5와 같다. 설계와 실현능력에서 $p < .05$ 수준에서 유의미한 변화를 보였다. 설계 능력은 문제해결을 위한 모델을 설계하고 이를 알고리즘으로 표현하는 것과 관련한 능력이며, 실현 능력은 수립된 절차에 따라 이를 구현하고 적용하는 것과 관련한 능력이다. 이러한 능력들에서 유의미한 변화가 나타난 것은 본 연구에서 개발한 교수학습활동이 문제해결 과정을 수립하고(설계), 이를 통해 문제를 해결(실현)하는 것에 초점을 맞추어 진행되었기 때문

Table 4. Results of independent t-test on CT (N=65)

영역	집단	평균	표준편차	t
CT	사전	5.83	1.75	2.66**
	사후	6.50	1.96	

** $p < .01$

Table 5. Results of independent t-test on subgroup of CT (N=65)

영역(문항 수)	집단	평균	표준편차	t
분석 (3)	사전	2.38	0.63	1.09
	사후	2.51	0.66	
설계 (3)	사전	1.35	0.79	1.98*
	사후	1.60	0.90	
실행 (3)	사전	1.41	0.94	1.67*
	사후	1.63	0.87	
평가 (2)	사전	0.67	0.63	0.64
	사후	0.73	0.58	

* $p < .05$

이다. 이러한 결과는 문제해결에 필요한 핵심적인 요소를 지속적으로 판단하고 이를 결정하는 과정에서 CT가 발달할 수 있다는 선행 연구의 결과와도 일치한다(김지예와 전영석, 2018; 황요한 외, 2020)

한편, 분석과 평가 영역의 경우 사후 검사의 평균값이 높게 나타났지만 통계적으로 유의미한 수준은 아니었다. 이러한 영역은 정보를 수집하고 이를 반성하는 것과 관련된다. CT 기반의 교수학습활동에서 학생들이 자신의 사고 과정을 반성하는 능력이 향상되었다는 결과를 얻었던 선행연구에 비추어 볼 때(김미영과 김성원, 2020; Vourletsis et al., 2021), 본 연구에서 개발한 교수학습 활동에서는 학생들이 새로운 데이터를 직접 검색하거나 자료를 탐색하는 과정보다는 주어진 자료와 문제에 대해 이해하고 있는 지식을 활용하는 것을 강조하였으며, 문제해결의 전 과정을 되돌아보며 이를 반성할 수 있는 시뮬레이션의 기회나 이를 위해 필요한 충분한 시간이 부족했기 때문에 이러한 영역에서 유의미한 변화가 나타나지 않은 것으로 보인다.

2. CT에 대한 인식 측면의 효과

CT에 대한 인식에 대한 검사의 사전-사후 독립표본 t-test의 결과는 Table 6과 같다. 사전 평균 45.24점에서 사후 평균 47.14점으로 향상되었으며, $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의미한 변화를 나타냈다. 구체적인 분석을 위하여 검사 문항의 범주를 진로와 직업에서의 CT 인식, CT 학습 의지, CT 학습에 대한 흥미와 태도, CT의 융합적 가치 인식 측면의 4개의 영역으로 구분하고 각 영역에 대하여 독립표본 t-test를 실시한 결과는 Table 7과 같다. CT에 대한 학습 의지($p < .001$), CT 학습에 대한 흥미와 태도($p < .01$) 측면에서 통계적으로 유의미한 변화가 나타났다. 이러한 결과는 교수학습활동이 CT 학습에 대한 흥미와 태도를 향상하고 CT와 관련한 학습 의지를 향상하는 것에 도움을 주었다고 해석할 수 있다. 이는 컴퓨팅에 대한 자신감과 통합학습 측면(한신과 김형범, 2020; 황요한 외, 2016), 과학 관련 과제 실행 행동 의지 측면(김순화, 2015), CT를 활용한 문제해결의 유용성과 관심 측면(한영신, 2018)과 같이 정의적인 영역에서 긍정적인 영향을 확인하였던 선행연구의 결과와도 일치한다. 한편, 진로와 직업에서의 CT 인식, CT의 융합적 가치 인식 측면에서는 통

계적으로 유의미한 변화가 나타나지 않았다. 이는 본 연구에서 지구과학 이외의 다양한 소재를 보여주지 못했던 것에 기인하는 것으로 보이며, 이와 관련하여 질적 자료 분석을 통해 구체적인 요인을 탐색하고자 하였다.

Table 6. Results of independent t-test of perception about CT (N=65)

영역	집단	평균	표준편차	t
CT에 대한 인식	사전	45.24	6.54	3.00***
	사후	47.14	5.65	

*** $p < .001$

Table 7. Results of independent t-test on subgroup of perception about CT (N=65)

영역(문항 수)	집단	평균	표준편차	t
진로와 직업에서의 CT 인식(5)	사전	14.66	2.20	-1.16
	사후	14.41	2.00	
CT 학습 의지(4)	사전	12.32	2.44	4.36***
	사후	13.63	2.00	
CT 학습에 대한 흥미와 태도(2)	사전	5.62	1.60	2.66**
	사후	6.02	1.42	
CT의 융합적 가치 인식(5)	사전	12.88	1.94	1.31
	사후	13.20	1.86	

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

3. CT 기반의 언플러그드 교수학습활동에 대한 인식

앞서 분석한 CT와 CT인식 측면의 효과에 영향을 주는 세부적인 요인과 CT 기반의 교수학습활동을 설계하고 진행하는 것과 관련한 시사점을 파악하기 위하여 수업 활동 이후 학생들이 작성한 자기보고서를 수집하였으며, 6명의 학생들을 대상으로 자기보고서에 기반한 반 구조화 된 면담을 실시하였다. 이를 통해 도출한 주요 내용은 아래와 같다.

가. CT 문제해결을 통한 CT 인식변화

학생들의 응답에서는 ‘순서’, ‘구조’, ‘형식’, ‘단계’ 등의 단어가 높은 빈도로 출현하는 것이 특징이었다. 이는 학생들이 문제를 해결하기 위한 절차를 수립하고 이를 표현하는 일련의 활동에서 자신에게 요구되었던 사고 과정을 설명하며 활용된 단어로 CT의 하위 요소

에 해당하는 것이다. 특히 앞서 통계적 분석에서 유의미한 향상이 있었던 분석과 설계 영역에서의 하위 요소에 속하는 단어들이 높은 빈도를 보였다.

A: 질문을 설정하는 것하고, 거기서 또 다른 질문으로 넘어가는 **순차적**으로 넘어가는 그 과정에서 어떤 질문을 해야하는지 (...) **질문을 할 때** (구조를 작성할 때) **또 다른 질문**을 해야 되고 생각하는 과정을 거쳤어요.

C: 지구과학 내용도 이해해야 하는데, 구조를 어떻게 쓸지, 상상은 가는데 **형식**을 어떻게 써내려가는지 고민하는 과정이 어려웠어요.

E: **우선순위** 그러니까 관입 같은거, 관입이 보이면 관입이라 판단하고, 관입의 범위는 여기까지 한다. 관입을 판단, 하고 정의하고 관입의 범위를 정하기 등등의 **순서**를 정하는 것이 중요했고 (...) 인공지능도 현무암, 화강암에 대한 자료를 모으고 **분석**하고 **순서**를 **설계**하고 **조직**해서 **작동**하는구나 하는 것을 대략 이해했죠.

H: 그냥 배우는 것이 아니라 어떤 현상이 어떻게 일어나서 그렇게 되었는지 생각하면서 **차근차근 단계**를 밟아가며 새긴 것 같다.

D 학생의 경우 문제해결과정이 자판기에서 음료수를 뽑는 과정과 유사하게 ‘명령어’에 의해서 처리되는 과정이며, 이를 표현하는 것이 문제의 해설을 작성하는 것과 비슷하다고 응답하였다. 이러한 응답에서 D 학생이 문제를 해결하며 문제를 작은 단위로 분해하고 (문제 분해), 절차를 일반화하여 표현하는 과정(추상화)등을 거친 것을 확인할 수 있다. 즉 학생들은 순차·반복·조건 위계적이며 종합적인 문제해결과정을 진행하였으며(정하나와 전영석, 2020), 이러한 일련의 과정을 통해 CT를 개발할 수 있었다고 볼 수 있다.

D: 지층해석할 때 결과를 주고 **명령어**를 어떻게 **일반화**를 하고 어떻게 설정해야 할지. 명령어를 자판기라고 생각하고, 자판기에는 하나의 음료수만 있지는 않으니까 명령어를 자판기라고 생각을 하고. (...) 후반부로 가면서 **결과**(지층해석의 결과)는 나오는데, 역전이 일어났고, 여기서 부정합이 있고를 판단할 수 있는데 이것을 **일반화**하

는 과정이 지층을 딱 보고 결과만 내는 것은 편찮았는데 **해설**을 쓰라고 하니까 (...) 저희 평소에 하던 것이 아니라 저희가 문제를 봤을 때 **답만 도출하는 것이 아니라 해설을 끄집어내는 사고**이기도 하고.

또한 이러한 점에서 활동이 지구과학 교과와 내용요소를 학습하는 것에도 도움이 되었다는 응답이 있었다. 이는 CT 기반의 교수학습활동을 통해 학습 전략 측면이나 과학적 개념 이해 측면에서 유의미한 효과를 확인하였던 선행 연구의 결과와도 일치한다(김혜란과 최선영, 2019; Chongo *et al.*, 2021; Lapawi & Husnin, 2020). Chongo *et al.*, (2021)은 추상적인 개념을 명시적으로 표현하는 과정에서 학습 내용을 지속적으로 상기하는 것이 필요하기 때문에 CT 기반의 활동이 교과 내용 학습 측면에서도 도움이 된다고 이야기하였다. 본 연구에서 개발한 활동에서도 핵심개념을 확실히 이해하고 있어야 문제를 해결할 수 있었기 때문에 관련된 핵심개념을 반복적으로 학습할 수 있는 기회를 마련하였다고 볼 수 있다.

I: 지층을 해석하고 **용기, 침강 횡수**를 파악하고, **관입이나, 습곡 등 평소에 어렵다고 생각했던 것이 조금이나마 더 쉽게** 다가온 것 같아요

J: **수업시간에 배웠지만 정확하게 이해하지 못한 내용 또한 직접 작성하면서 이해**할 수 있었던 것 같아요.

F 학생의 경우 이러한 활동이 지구과학의 지식을 모르는 경우 진행할 수 없다는 점에서 일반적인 정보교과내에서 진행되었던 활동과는 다르게 느껴졌으며, 이를 통해 지구과학 교과에서 학습한 내용과 문제해결 과정에 필요한 조건들을 정확하게 파악할 수 있게 되었다고 응답하였다. 즉, 문제해결을 위해 필요한 핵심개념의 적용 범위나 위계, 개념의 논리적인 배치와 구조 등을 파악하게 되며 이에 대한 이해를 향상할 수 있었다고 볼 수 있다.

F: 과학이랑 정보랑 융합시킨 것 자체가 좀 신기하고, 이해한 것을 적으니까 누군가에게 배운 개념을 자신의 말로 풀어 쓸 수 있는 것? 그런데 지구과학에 대해 어려움이 있으면 어렵죠. **지구과학**

개념을 프로그래밍처럼 하니까 부정합이나 관입 같은 것이 일어나는지 일어나지 않았는지 조건들을 하나씩 정확하게 파악해야 되니까요.

학생들은 이러한 활동을 통해 CT가 논리적인 문제나 일상생활의 문제나 사람들이 직접 수행하기 어려운 작업 등을 더욱 빠르고 편리하게 해결하는데 도움을 줄 수 있는 사고라는 것을 인식하게 되었다.

D: 어떠한 형태든 논리적인 사고가 필요한 문제라면 CT가 필요하다는 생각이 들거든요. 그래서 조금 어렵지만 그만큼 CT를 사용하면 난이도도 높아지지만 정확도도 높아지는 이것을 할 줄만 안다면 많은 도움이 될 것만 같아요.

F: 사람들이 일일이 하기 어려운 작업을 알고리즘을 통해 더 편하고 빠르게 작업을 진행할 수 있을 것이라는 점이 매력적이고 컴퓨팅 사고에 대해 더 심화하여 배우고 싶어졌어요.

C 학생의 경우 CT가 ‘컴퓨터를 얼마나 이해하는가’와 관련한 능력이지만, 이것이 프로그래밍과 언어의 활용에만 국한되는 것이 아니라 동영상 편집하는 일련의 과정에서도 적용될 수 있다고 설명하였다. 또한 E 학생은 이러한 사고가 논리학과 철학과 같은 소재에서도 활용될 수 있을 것이라고 응답하였다. 이러한 응답은 학생들이 CT가 컴퓨팅에만 한정된 것이 아니며, 다양한 소재와도 연관될 수 있는 능력이자 기본적 소양으로 인식하게 된 것으로 해석할 수 있다.

C: (이러한 내용이) 좀 더 미래적인 기술이고 심화 탐구를 할 때, 지구과학에서도 진행할 수 있고 다른 주제에서도 연관 지을 수 있을 것 같아요. (...) (CT는) 내가 컴퓨터를 얼마나 이해할 수 있는가, 그리고 이를 얼마나 활용할 수 있는가와 관련된 능력이고, 활용을 못하면 계속 활용을 못하게 되는데, 활용만 할 수 있다면 모든 분야에서 활용 가능한 것이니까요. (...) CT가 굳이 언어를 다루는 데만 필요한 능력이 아니라 보니까 동영상 편집 프로그램을 활용하는 과정에서도 필요하죠.

E: 저는 약간 철학 쪽 생각하고 있는데, 논리성, 논리학 하고도 연관이 되는 것 같아요. 삼단논법

같이 여기서 한 것을 여기에도 적용할 수 있을 것 같아요. 더 넓게 생각하면.

일부 학생들은 역사 소재의 학습에서도 이러한 사고의 활용이 도움이 될 것이라고 응답하였다. 이는 역사 소재가 시간에 따른 철학적 구조를 가지고 있기 때문이며, 판구조론 주제의 활동을 경험하였기에 유사한 학습 소재를 떠올리게 된 것으로 보인다.

B: 화학같은 건 틈슨의 원자에서 점점 발전하는 과정에서의 질문들에서 활용할 수 있을 것 같아요.

G: 역사를 배울 때도 이런 일이 일어나서 다음에 이런 사건이 발생했다라는 것을 순서대로 연결하며 외우면 더 잘 외워질 것 같아요.

이처럼 학생들의 응답에서는 융합적 가치 측면이나 진로와 직업 측면에 대한 인식을 확인할 수 있었다. 다만, CT에 대한 인식 측면의 검사에서 유의미한 차이가 나타나지 않은 영역이 있었다는 점에서 이에 대한 긍정적인 인식변화를 촉진하기 위해서는 다양한 소재를 활용한 교수학습활동을 지속적으로 진행할 필요가 있다.

나. CT 기반 교수학습활동의 어려움과 교수학습 설계와 진행 차원의 시사점

학생들의 응답 중에서는 활동 과정이 다소 어려웠다는 의견이 있었다. 학생들의 어려움에 대한 내용은 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용하는 교육 활동을 진행하였던 선행연구에서도 보고된 바가 있다(황요한 외, 2016; 김지혜와 전영석, 2018). 다만, 이는 컴퓨팅 도구를 조작하거나 코드를 수정하는 등 주로 실질적인 컴퓨팅과 관련된 어려움에 대한 내용이 많았다. 하지만 본 연구에는 컴퓨팅 도구를 활용하지 않는 언플러그드 중심의 활동을 진행하였기 때문에 학생들이 이러한 활동에서 느낀 어려움의 원인을 파악하고, 이를 통해 교수학습을 설계하고 진행하는 과정에서 고려해야 하는 요소들을 도출하고자 하였다. 응답에서 학생들이 활동을 어렵게 느꼈던 대표적인 이유가 암묵적인 형태의 지식을 명시적으로 표현하고 이를 논리적으로 배치하는 것에 익숙하지 않았기 때문이라는 것을 확인할 수 있었다. CT는 암묵지(tacit knowledge)를 구체적인 언어인 명시

적 지식(explicit knowledge)으로 표현하는 과정에서 필요한 사고로서(NRC, 2010) 학생들이 겪었던 어려움을 CT 활용 측면에서 해석할 수 있다.

A: 초반에는 질문 설정하고 그러는 것이 어려웠는데, 만들다가 보니까 질문과 대답을 만드는 것이 할만했어요.

E: 순서도를 그리고 그걸 어떻게 시작해야 할지 이해가 안됐어요. 이렇게 진행되는 형태의 수업이 처음이라 아예 노베이스 상태였지만, 수업 맨 처음에 선생님께서 어떤 내용을 설명하시는지 몰랐던 때에 비해 지금은 위에 쓴 조건 설정과 순서도 그리기를 제외하고는 어느 정도 이해가 되는 것 같아요.

F 학생의 경우에도 이러한 측면의 어려움을 겪었다. F 학생은 자신이 어려움을 느꼈던 이유가 자신의 생각을 논리적으로 표현하는 경험이 부족하기 때문이며, 지금까지 답이 정해져 있는 문제에 익숙해져 있기 때문이라고 응답하였다.

F: 절차에 대해 이해하는 것은 보다 개념을 더 정확하게 이해할 수 있게 해주는데 그 과정이 힘들어요. 말도 잘 만나오고 어떤 단어로 정의해야 할지 알고는 있지만 쓰기는 힘들고, 보기가 나와 있고 순서를 맞추는 것은 좀 쉽겠지만 보기도 없이 순서를 맞추는 것이 어렵죠. (...) [답을 물어보는 것이] 애들이 지금 잘못된 점이예요. 답을 원하잖아요. '이게 맞아요?' 하면서 (...). 사실 저도 그랬던 것 같고. 지금까지 답을 확인하는 과정을 겪어왔기 때문에, 이런 것을 해본 적이 없어서 그래요.

본 연구에서 개발한 교수학습활동의 문제에서는 학생들이 자료에 대한 다양한 해석을 바탕으로 자신만의 방법을 활용하도록 하였기에 형식적인 측면에서 제한을 두지 않았다. 한편, 일부 학생들에게는 이러한 형태의 활동이 '답이 없는 문제'를 푸는 것처럼 인식되어 활동을 어렵게 느끼는 요인이 되었다. 즉, 본 연구에서 제시한 문제가 일부 학생들에게는 일종의 비구조화된 문제로 인식되었다는 것을 의미한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 문제해결에 필요한 자원이나 지식

활용, 또는 전략과 관련된 메타인지 측면의 사고가 필요하며(Flavell, 1979), 이는 CT의 모델 설계, 알고리즘 표현, 수정 및 평가(디버깅) 등과도 관련된다. 따라서 이러한 유형의 문제가 학생들에게 메타인지 측면의 CT를 자극하는 방법이 됨과 동시에, 이와 관련한 사고가 부족한 학생들의 경우에는 문제를 어렵게 느끼게 하는 요인이 된다.

다만 활동의 초반에는 어려움을 겪었던 학생들에게서도 교수학습활동을 진행하는 동안 점차 과정과 방법에 익숙해질 수 있었다는 응답을 확인할 수 있었다. B 학생의 경우에도 처음에는 '프로그램을 짜는 것'과 같이 느껴지는 활동이 어려웠으나 방법을 터득한 이후에는 쉽게 참여할 수 있다고 응답하였다. 활동에서 어려움을 겪는 학생들을 적극적으로 도와주는 역할을 했던 D 학생은 친구들이 활동 초반에는 문제 자체를 이해하지 못하는 경우가 많았으나, 활동을 진행하며 점차 문제를 해결하는 방법과 내용에 대한 질문을 시작하게 되었다고 응답하였다.

B: 지층의 순서 해석을 위해 차근차근 쓰는데 헛갈리고 어렵기도 했고 프로그래밍을 짜는 것처럼 쓰는 것이라 어려웠지만, 하다보니까 익숙해지고 한 번만 익숙해지면 그 뒤부터는 쉽게 할 수 있어서, 순서도를 짜는 과정이 어려운데 처음만 어렵지 할 수 있었어요.

D: 문제가 점점 심화 되면서 조금 복잡하고 평소엔 안하던 것이다 보니까 몇몇 애들은 초반에는 되게 막 이게 뭐야 하다가, 예전에는 문제 자체의 의미를 물어봤다면 이렇게 해서 이렇게 하는 것이 맞아? 하는 과정을 물어봐요. 지금 생각해 보면 점점 좋아지는 친구들이 있는 것 같았어요.

지속적인 수업과 경험이 CT 발달에 영향을 준다는 점에서(한국교육학술정보원, 2018), CT 기반의 교수학습을 진행하기 이전에 학생들의 사고 수준에 대한 충분한 고려가 필요하며, 학생들이 활동 초반의 어려움을 극복할 수 있도록 이를 지원할 수 있는 다양한 방안을 마련해 둘 필요가 있다.

한편, 앞서 살펴본 F 학생과 D 학생의 응답에서는 친구들과의 상호 질문과 의사소통이 이러한 어려움을 해소해주는 중요한 역할을 하고 있음을 확인할 수 있

다. 이는 활동에서 친구들과의 협력을 통해서 문제를 끝까지 풀 수 있었다는 A 학생의 응답에서도 확인할 수 있었다.

A: 그래도 친구들과 함께 해결하는 것이 재밌고 협력하면서 좋은 경험이지요. 이번 일로 보자마자 잘 못하는 것이라고 하지 말고 친구들과 협력해야 되겠다 싶었어요.

CT 기반의 활동을 진행한 김지혜와 전영석(2018), 김혜란과 최선영(2019)의 연구에서도 학생 간의 상호작용을 발견하였는데 이는 스스로 사고를 반성할 수 있도록 하며, 복잡하고 어려운 문제해결에 대한 실마리를 얻을 수 있게 하는 등 학생들이 겪는 다양한 어려움을 해소하는 데 도움을 준다. 따라서 보다 원활한 교수학습활동을 위해 학생 간의 상호작용을 촉진할 필요가 있으며, 협업의 기회를 제공하거나 다양한 아이디어들을 촉진할 수 있는 요소를 포함하여 교수학습과정을 설계할 필요가 있다.

또한 프로그래밍과 정보 교과와 관련한 지식, 흥미 부족을 어려움의 요인으로 응답한 사례가 있었다. C 학생의 경우에는 코딩을 자주 경험해보았기 때문에 자신에게는 큰 어려움이 없었지만, 이러한 과정이 익숙하지 않은 친구들에게는 어려움이 있었을 것이라고 응답하였다. F 학생의 경우에도 자신의 경우 코딩을 좋아하기 때문에 전반적인 활동이 재미있었지만, 정보 교과에 흥미가 낮은 친구들이 있었기 때문에 조금 난이도가 낮은 형태의 활동이었으면 좋겠다는 응답을 하였다. 이는 CT가 정보 교과에 대한 흥미와 정보 교과의 효능감 수준과 유의미한 상관관계를 보인다는 선행연구 결과와도 일치한다(한국교육학술정보원, 2018). 다만 이는 CT 기반의 교수학습활동을 정보 교과를 중심으로 다루었던 연구이기 때문에 해석에 주의가 필요하며, 과학 교과에서도 더욱 다양한 교수학습 소재나 자원, 방법 등을 활용하여 CT 기반의 교수학습활동에 익숙해지도록 할 필요가 있다.

C: 이번 활동이 코딩을 해본 [저로서는] 크게 어렵지 않았지만 친구들은 많이 어려워하는 것 같아서 친구들을 도와줬어요. (친구들이) 접해보지 않은 새로운 형태의 수업이다 보니, 처음하기에는 어려움이 있었던 것 같아 보였는데, (나

중에는) 맨 처음보다는 애들이 그래도 쓸 수 있었어요.

F: 제 모습을 보면 남들보다 코딩을 좋아해서 프로그래밍 수업을 들으면 재밌잖아요. 이렇게 만드는 거요. (그런데) **아예 모르는 애들은 모를 것 같아요.** 그런 애들은 작년에 정보라는 교과목을 배웠지만 진짜로 공부한 친구들은 별로 없었지도 몰라요. 조금 난이도가 쉬웠으면 잘하는 애들은 못하는 친구들을 도와주고 하면서 했을 것 같아요.

위와 같은 응답을 종합하면 학생들은 본 연구에서 진행한 교수학습활동에서 순서, 문제 분해, 추상화 등 CT 요소를 활용하고 있다. 이러한 활동은 반복적이고 순차적이며 복잡한 문제해결과정 기회 제공, 암묵적 지식의 명시적 전환, 메타인지적 사고 등을 촉진하여 CT의 유의미한 향상에 도움을 주었다. 또한 이러한 과정에서 반복적인 학습과 개념에 대한 명확한 이해가 필요했기에 지구과학의 학습과 내용 요소에 대한 이해에도 도움을 주었다. 또한 활동을 통하여 이러한 사고 과정이 다양한 문제해결 상황에 적용될 수 있다는 것을 이해하게 되며 CT에 대한 긍정적인 인식에도 영향을 받았다.

한편 활동에서는 다양한 어려움이 있었는데 이는 자신의 사고 과정을 명시적으로 표현하며 정해진 형식과 정답이 없는 생소한 수업 경험, 부족한 프로그래밍 관련 지식, 정보 교과에 대한 낮은 흥미 등에 기인한다. 다만 이는 반복적인 학습을 통하여 극복할 수 있었으며, 그 과정에서 학생들 간의 상호작용이 중요한 역할을 한다. 이를 위하여 교수학습설계에서 학생들의 사고 수준 파악, 활동 도입부의 적절한 지원 방안 모색, 학생 간의 상호작용을 촉진하는 교수설계 등이 필요하며 교수학습 진행 차원에서 교사의 적절한 조력이 필요하다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 고등학교 지구과학 I 교과의 고체지구 영역에서 CT 기반의 문제해결과정을 중심으로 언플러그드 교수학습활동을 개발하고 이를 적용하였을 때 효과와 그 시사점을 탐색하고자 하였다. 본 연구의 결론과

제언은 다음과 같다.

첫째, CT를 활용한 문제해결과정은 학습 소재의 내용 요소에 대한 이해를 향상시킬 수 있는 방법이다. 본 연구에서 진행한 활동을 위해서는 판구조론까지의 과학사, 암석의 분류 기준, 지층해석 등의 학습 요소와 그 개념들을 반복적으로 살펴보는 것이 필요했으며 문제를 해결하는 과정에서 개념 간의 관계나 순서 등을 파악하고 분석하는 과정을 거쳤기 때문이다. 다만 본 연구는 단일집단을 대상으로 진행하였기 때문에 실질적인 학업 성취도나 개념변화를 확인하지는 못하였다. 따라서 CT 기반의 교수학습활동을 통해 학생들의 개념변화나 학습 과정 등을 살펴보는 후속 연구를 진행할 수 있다. 또한 학생들이 과학 내용에 대한 이해가 부족한 경우 이러한 내용을 중심으로 진행되는 CT 기반의 활동에서 어려움을 겪을 수 있다는 점에서 교사는 활동을 위해 필요한 핵심개념과 용어 등을 보다 명확하게 안내할 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서 개발한 교수학습활동을 진행한 결과 학생들의 CT와 CT에 대한 인식이 통계적으로 유의미하게 향상되었다. 이는 문제해결과정에서 학생들이 문제 분해, 추상화 등의 CT 하위 요소를 활용하고 있으며, 이러한 요소들을 반복적이며 통합적으로 활용하는 과정을 통해 사고 과정을 내면화 할 수 있었기 때문이다. 또한 CT가 다양한 분야의 문제해결과 일상 생활에도 적용될 것이라는 생각을 가지게 되었다. CT가 미래사회의 기본적인 소양이라는 측면에서 보다 다양한 교과에서도 CT를 기반으로 하는 교육자료 개발과 연구가 필요하며, 나아가 CT의 융합적 사고로서의 가치를 인식하기 위해서는 융합(STEAM) 교육 소재를 적극적으로 활용할 필요가 있다. 이를 위하여 교수학습과정에 CT를 적극적으로 도입하고 이와 관련한 활동을 설계하고 진행할 수 있도록 하는 교사들의 전문성 개발(CT-Practices)과 지원이 필요하다.

셋째, 학생들의 면담과 자기보고서를 통해 암묵적인 사고 과정을 명시적으로 표현하는 활동에 익숙하지 않기 때문에 생기는 어려움과 비구조화 되어있는 문제 해결에 요구되는 메타인지적 사고 측면의 어려움을 확인하였다. 다만 이러한 학생들도 문제를 해결하는 과정이 유사하게 반복되었기 때문에 점차 익숙해질 수 있었다는 점에서 원활한 교육활동 진행을 위해서는 수업 도입부에 충분한 시간을 활용하여 학생들의 수준과

어려움을 파악할 필요가 있다. 또한, 이 과정에서 사고 과정을 보다 명시적으로 반성할 수 있는 방법, 학생 간의 상호작용을 강조하는 방법 등 학생들이 어려움을 해소할 수 있는 다양한 방법을 안내할 필요가 있다. 이를 위해 학교현장에서는 블록 타임제, 교육과정 유연화 등의 방안을 활용하여 수업의 차시와 계획을 조절하여 수업의 초반부에 충분한 시간을 제공할 수도 있을 것이다.

일반적인 피지컬 컴퓨팅이나, 프로그래밍 활동은 자신의 코드를 실행해보며 현출되는 결과를 토대로 오류 과정을 수정하고 보완할 수 있지만, 본 연구에서 개발한 언플러그드 활동에서는 이러한 요소들을 진행하지는 않았다. 따라서 이러한 활동 과정에서는 학생 간의 상호작용을 강조하고 토의와 의사결정 등을 통해 학생들이 자신의 사고과정을 반성할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다. 나아가 일부 컴퓨팅 도구나 프로그래밍을 적절히 활용하는 것은 학생들의 반성적 사고와 동기유발을 촉진하는 방법이 될 수 있으므로 교수학습활동을 설계하는 과정에서 학습 주제와 도구, 방법 등에 대한 충분한 고려가 필요하다.

본 연구에서는 학생들의 문제해결에 영향을 줄 수 있는 다른 구인과 CT와의 관계를 살펴보지는 못하였다. 학생들의 학업성취도, 논리적 사고력, 메타인지, 모델링 등과 CT와의 상관관계를 밝히거나, 문제해결과정을 분석하며 CT의 발달 단계를 추적하는 등의 후속 연구를 진행할 수 있다. 이를 통해 다양한 학생의 사고 수준에 따른 적절한 형태의 교수학습방법과 자료를 개발할 수 있을 것이다.

컴퓨팅과 CT는 급변하는 사회에서 새롭게 등장하는 다양한 문제를 해결할 수 있도록 하며, 새로운 지식을 창출할 수 있도록 한다는 점에서 매우 중요하다. 따라서 이는 미래사회의 교육이 지향해야 할 보편적인 목표로 인식되어야 한다. 이러한 점에서 과학과를 포함한 범교과 차원에서 CT를 개발할 수 있는 교수학습 방법, 교수학습 자료 개발 등의 연구가 진행될 필요가 있다.

국문요약

본 연구에서는 고등학교 지구과학 I 고체지구 영역에서 컴퓨팅 사고력 기반의 교수학습활동을 개발하고,

그 효과와 시사점을 살펴보았다. 이를 위해 총 8차시에 해당하는 문제해결 중심 언플러그드 활동을 개발하고, 이를 A 고등학교 학생 65명을 대상으로 적용하였다. 교수학습활동을 실시한 결과 학생들의 컴퓨팅 사고력과, 컴퓨팅 사고력에 대한 인식 측면에서 유의미한 변화를 확인하였다. 활동 이후 학생들의 자기보고서의 응답과 면담자료를 토대로 지구과학 문제해결과정에서 컴퓨팅 사고력과 컴퓨팅 사고력에 대한 인식에 영향을 준 요인을 살펴보았다. 또한 컴퓨팅 사고력 기반의 교수학습설계와 진행의 측면에서 고려해야 하는 요소에 대한 시사점을 도출하였다. 연구 결과를 토대로 지구과학을 포함한 다양한 교과목을 통한 컴퓨팅 사고력 개발을 위한 교수학습활동의 필요성과 운영방안을 제안하였다.

주제어 : 컴퓨팅 사고력, 문제해결, 언플러그드 활동, 지구과학, 고체지구

References

- 교육부(2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제 2015-74호 [별책 9].
- 김미영, 김성원(2020). 피지컬컴퓨팅 활용 과학적 문제해결교육이 고등학생의 컴퓨팅사고(CT)에 미치는 효과. 학습자중심교과교육연구, 20(8), 387-410.
- 김순화, 함성진, 송기상(2015). 컴퓨팅 사고력 기반 융합 인재교육프로그램의 효과성 분석 연구. 컴퓨터교육학회 논문지, 18(3), 105-114.
- 김지예, 전영석(2018). 코딩블록을 활용한 초등 과학영재 대상 피지컬 컴퓨팅수업의 교수·학습 과정 분석. 정보교육학회 논문지, 22(6), 613-628.
- 김현석, 최선영(2019). 초등과학 수업에서 절차적 사고과정을 활용한 학습 전략이 컴퓨팅 사고력과 창의적 문제해결력에 미치는 효과. 과학교육연구지, 43(3), 329-341.
- 송진웅, 강석진, 박영순, 김동건, 김수환, 나지연, 도종훈, 민병곤, 박성춘, 배성문, 손연아, 손정우, 오필석, 이준기, 이현정, 임혁, 정대홍, 정종훈, 김진희, 정용재(2019). 미래세대를 위한 ‘과학교육표준’의 주요 내용과 특징. 한국과학교육학회지, 39(3), 465-478.
- 윤진아, 남윤경, 조운석(2020). 마이크로비트를 활용한 과학-SW 융합교육 프로그램 개발 및 적용. 컴퓨터교육학회 논문지, 23(6), 77-87.
- 정영식, 신수범, 성영훈(2017). 알고리즘, 프로그래밍, 로봇과 컴퓨팅 영역의 성취 기준과 컴퓨팅 사고력의 관련성 연구. 정보교육학회 논문지, 21(1), 105-114.
- 정하나, 전영석(2020). 플립러닝 기반 피지컬 컴퓨팅 수업을 통한 초등학교 과학영재의 컴퓨팅 사고력 개발. 영재교육연구, 30(1), 1-23.
- 한국교육과정평가원(2020). 컴퓨터·정보 소양 및 컴퓨팅 사고력 성취 특성과 향상 방안 탐색: ICILS 2018 심층 분석. 연구보고 RRE 2020-6.
- 한국교육학술정보원(2018). 소프트웨어교육 역량 진단 및 분석 연구. 연구보고 RR 2018-7.
- 한신, 김형범(2019). 블록형 코딩프로그램을 활용한 지구과학 수업에서 학생들의 컴퓨팅 사고력에 대한 인식 및 과학적 태도 변화 연구. 대한지구과학교육학회지, 12(2), 131-140.
- 한영신(2018). 문제중심학습(PBL) 기반 프로그래밍 교육의 효과성: 컴퓨팅 사고력을 중심으로. 예술인문사회 융합멀티미디어 논문지, 8(7), 433-445.
- 홍석영, 한신, 김형범(2020). 데이터 기반 STEAM 교육을 통한 문제해결 과정 분석: 대기대순환과 표층 해류 내용을 중심으로. 대한지구과학교육학회지, 13(3), 330-343.
- 황요한, 문공주, 박윤배(2016). 소프트웨어 활용 탐구 활동을 통한 고등학생의 프로그래밍과 컴퓨팅 사고력에 대한 인식 변화와 과학 학습에 대한 태도 조사-스 크래치와 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 36(2), 325-335.
- 황요한, 문공주, 최윤희(2020). 컴퓨팅 사고 기반 과학 관련 사회쟁점(CT-SSI) 교육 프로그램을 통해 나타나는 학생들의 컴퓨팅 사고 역량과 그 변화 분석. 교육문화연구, 26(2), 175-196.
- ACM, & IEEE-CS. (2020). Computing curricula 2020: Paradigms for future computing curricula.
- Basu, S., Biswas, G., & Kinnebrew, J. S. (2017). Learner modeling for adaptive scaffolding in a computational thinking-based science learning environment. User Modeling and User-Adapted Interaction, 27(1), 5-53.
- Basu, S., Biswas, G., Sengupta, P., Dickes, A., Kinnebrew, J. S., & Clark, D. (2016). Identifying middle school students' challenges in computational thinking-based science learning. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 11(1), 1-35.

- Chongo, S., Osman, K., & Nayan, N. A. (2021). Impact of the plugged-in and unplugged chemistry computational thinking modules on achievement in chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(4), em1953. <https://doi.org/10.29333/ejmste/110789>
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational thinking: a guide for teachers*. Available from <http://computingatschool.org.uk/computationalthinking>.
- Department for Education. (2013). *National curriculum in England: Computing programs of study*. Retrieved July 16, 2014.
- Easterbrook, S. (2014). From computational thinking to systems thinking. In *The 2nd International Conference ICT for Sustainability(ICT4S)*, Stockholm.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognition monitoring a new area of cognitive development inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Futschek, G., & Moschitz, J. (2010). Developing algorithmic thinking by inventing and playing algorithms. *Proceedings of the 2010 Constructionist Approaches to Creative Learning, Thinking and Education: Lessons for the 21st Century(Constructionism 2010)*, 1-10.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2011). *Assessment and teaching of 21st century skills*. Springer, New York.
- Haseski, H., Ilic, U., & Tugtekin, U. (2018). Defining a new 21st century skill-computational thinking: Concepts and trends. *International Education Studies*, 11(4), 29-42.
- ISTE, & CSTA. (2011). *Operational definition of computational thinking for K-12 education*. Retrieved December 25, 2016.
- Kalelioglu, F., Gulbahar, Y., & Kukul V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4, 583-596.
- Lapawi, N., & Husnin, H. (2020). The effect of computational thinking module on achievement in science. *Science Education International*, 31(2), 164-171.
- Mensan, T., Osman, K., & Majid, N. (2020). Development and validation of unplugged activity of computational thinking in science module to integrate computational thinking in primary science. *Education Science Education International*, 31(2), 142-149.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For States, By States*. USA: NGSS Lead States.
- NRC. (2010). *Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Park, Y. S., & Green, J. (2019). Bringing computational thinking into science education. *Journal of Korean Earth Science Society*, 40(4), 340-352.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2), 351-380.
- Vourletsis I., Politis P., & Karasavvidis I. (2021) The Effect of a Computational Thinking Instructional Intervention on Students' Debugging Proficiency Level and Strategy Use. In: Tsiatsos T., Demetriadis S., Mikropoulos A., & Dagdilelis V.(eds) *Research on E-Learning and ICT in Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64363-8_2
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Yadav, A., Zhou, N., Mayfield, C., Hambruch, S. E., & Korb, J. T. (2011). Introducing computational thinking in education courses. In *Proceedings of the 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '11)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 465-470. <https://doi.org/10.1145/1953163.1953297>