



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2018년 8월

석사학위 논문

과학교육관점에서의 컴퓨팅 사고
실천에 대한 조작적 정의와
이에 따른 과학교육에서의 제언

조선대학교 대학원

과학교육학과

박미소

과학교육관점에서의 컴퓨팅 사고
실천에 대한 조작적 정의와
이에 따른 과학교육에서의 제언

The operational definition of computational thinking
practices from the view of science education and
its implication in science education

2018년 8월 24일

조선대학교 대학원

과학교육학과

박미소

과학교육관점에서의 컴퓨팅 사고 실천에
대한 조작적 정의와
이에 따른 과학교육에서의 제언

지도교수 박 영 신

이 논문을 교육학 석사학위신청 논문으로 제출함




2018년 4월

조선대학교 대학원

과 학 교 육 학 과

박 미 소

박미소의 석사학위논문을 인준함

위원장	조선대학교	교수	안건상	
위원	조선대학교	교수	박두선	
위원	조선대학교	교수	박영신	

2018년 5월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	1
Ⅰ. 서론	5
Ⅱ. 이론적 배경	8
A. 21세기 과학인재상과 우리나라 과학교육의 현황	8
1. 2009년 교육과정에서 강조되는 STEAM 교육의 현황	9
2. 2015 개정 교육과정에 나타난 과학과 핵심역량의 반영	11
B. 컴퓨팅 사고의 필요성	14
1. 컴퓨팅 사고 정의와 요소	14
2. 컴퓨터 사고 연구 동향	22
Ⅲ. 연구방법	29
A. 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의 구안	30
1. 컴퓨팅 사고 개념적 요소에 대한 문헌연구	30
2. STEAM 프로그램 및 컴퓨팅 사고 프로그램 분석	30
B. 교사 전문성 강화 연수를 통한 모범가이드 개발	36
Ⅳ. 연구 결과	38
A. 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의 구안	38
1. 1차 과학교육입장에서의 세부요소와 조작적 정의	38
2. 프로그램 분석을 통한 세부요소 및 조작적정의의 타당성 구축	41
B. 교사 전문성 강화 연수를 통한 모범 가이드 개발	69

V. 결론 및 제언	73
참고문헌	76

표 목 차

표 1. 2015 개정교육과정 과학과 핵심역량 (교육부, 2015b)-----	12
표 2. 컴퓨팅 사고 9가지 요소 (CSTA와 ISTE, 2011)-----	6
표 3. 교과별 컴퓨팅 사고 요소 정의 예시(Valerie & Chris, 2011)-----	17
표 4. 과학과 공학 실천 중 컴퓨팅 사고 (NGSS, 2013)-----	23
표 5. 컴퓨팅 사고 분석도구 CT_STEAM_AT (박영신과 황진경, 2017)-----	27
표 6. 연구 방법 설계-----	29
표 7. ‘기후 변화’와 ‘물 부족’ STEAM 프로그램-----	31
표 8. 차세대 과학교육 표준(NGSS) 컴퓨팅 사고(CT) 요소 분석 표-----	34
표 9. 연구에 참여한 교사-----	36
표 10. 주차별 연수 내용-----	37
표 11. 문헌 자료에 나타난 컴퓨팅 사고 세부 요소 및 조작적 정의-----	38
표 12. ‘1차적으로 구안한 과학교육관점 컴퓨팅 사고 분석틀-----	40
표 13. STEAM 프로그램 기후변화, 물 부족 초등 3-4학년용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과	44
표 14. STEAM 프로그램 기후변화, 물 부족 초등 5-6학년용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과	48
표 15. STEAM 프로그램 ‘기후변화’ 중학생용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과----	50
표 16. STEAM 프로그램 물 부족 중학생용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과-----	46
표 17. STEAM 프로그램 기후변화 고등학생 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과-----	54
표 18. STEAM 프로그램 물 부족 고등학생 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과-----	56
표 19. STEAM 프로그램 기후 변화, 물 부족 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과-----	57
표 20. STEAM 프로그램 ‘기후 변화’ 중학생용 프로그램 NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 결과	59
표 21. ‘콜레라에서 감기까지’ 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과-----	61
표 22 . ‘콜레라에서 감기까지’ NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 결과-----	64
표 23 . 최종적으로 확정된 세부요소와 조작적 정의-----	68
표 24 . STEAM 프로그램 컴퓨팅 사고 세부요소 및 수정사항 분석 예시-----	71

그림 목 차

그림 1. 7가지 개념요소, 교육목표, 학습목표 (AP Computer Science Principles, 2017)	24
그림 2. 컴퓨팅 실천을 바탕으로 개발된 컴퓨팅 사고 교육과정 프레임워크 (AP Computer Science Principles , 2017)	26
그림 3. ‘물 부족’ 초 3-4학년 STEAM 프로그램 1차시 컴퓨팅 사고 분석 예시	31
그림 4. ‘콜레라에서 감기까지’ 1차시 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시	33
그림 5. ‘콜레라에서 감기까지’ NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시	35
그림 6. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 초 3-4학년 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	41
그림 7. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 초 3-4학년 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	42
그림 8. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 초 3-4학년 2차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	43
그림 9. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 초 5-6학년 3차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	45
그림 10. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 초 5-6학년 2차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	46
그림 11. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 중학교 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	49
그림 12. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 중학교 2차시 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시	51
그림 13. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 고등학교 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	53
그림 14. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 고등학교 5차시 CT_SciEdu 1 분석 예시	55
그림 15. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 중학교 1차시 NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시	58
그림 16. CT_SciEdu 1을 활용하여 ‘콜레라에서 감기까지’ 2차시 분석 예시	60
그림 17. ‘콜레라에서 감기까지’ NGSS 컴퓨팅 사고 요소 2차시 분석 예시	63
그림 18. ‘콜레라에서 감기까지’ 2차시 NGSS 컴퓨팅 사고와 컴퓨팅 사고 세부요소 상관관계 분석	65
그림 19. NGSS 컴퓨팅 사고 요소와 컴퓨팅 사고 세부요소의 상관관계 결과	66

ABSTRACT

The operational definition of computational thinking practices from the view of science education and its implication in science education

Park Miso

Advisor : Prof. Park Young-Shin, Ph.D.

Department of Science Education

Graduate School of Chosun University

Computational thinking refers to not only the simply using digital devices or software, but also the thinking process for processing the knowledge required to solve the problems by selecting the data out of a large amount of data. Also in the science education in Korea, the application of computational thinking is being emphasized and required in actual education field. Research on the practice of computing thinking and science programs using programming from the viewpoint of science education have been conducted, but in order to effectively improve the computational thinking ability, it is necessary to evaluate the programming language and computational thinking ability independently, and study on the detailed elements of the conceptual elements and operational definitions and applicable guidelines are required in the field of education. Therefore, the purpose of this study is to suggest detailed elements and operational definition of elements of computational thinking from the viewpoint of science education. Furthermore, by providing teachers professional training programs of the skills necessary to develop computational thinking, a guide to develop a science program reflecting computational thinking applicable to the field based on the above detailed elements and operational definitions were suggested. Accordingly, the stages of research were divided into two, the stage where from detailed elements and operational definition of elements of

computational thinking from the viewpoint of science education were designed, and the stage where a guide through professional training for teacher is suggested.

Firstly, through the literature study, the detailed elements and operational definitions and analysis framework which can be reflected in the science class related to computational thinking were designed through continuous meetings with science education experts based the elements of computational thinking from the viewpoint of technology, information, and computer science. In order to construct the validity of it, the existing STEAM program was selected to analyze the elements computational thinking in the program to identify the possibility of reflection. The purpose of STEAM education is to enable learners to develop problem solving ability, and as computational thinking is one of these abilities, the validity by analyzing the degree of reflection was constructed assuming that the computational thinking was reflected. Based on the analysis, the definitions and applicable practice elements of computational thinking from the viewpoint of science education were reorganized. Second, based on the confirmed detailed elements and operational definition, we apprehended how the two teachers who participated in the research through the professional training form the perception of the computational thinking. It is to find out whether the determined practice elements of computational thinking can be actually applied in the field. and the validity of experimental data about the applicability of the elements of computational thinking in the interaction with teachers and the teachers' new perception were investigated. Teacher trainings were carried out four times for two hours each.

The result of this study is as follows. Based on literature data on information, technology, and computer science, 9 elements designed primarily were data collection, data analysis, data representation, problem resolution, abstraction, making as algorithm and proceduralization, automation, simulation, and parallelism. With these 9 elements and definitions as a framework, the computational thinking program and all sections on 'climate change' and 'water

shortage' for highschool students, middle school students, the 3rd to 4th grades of elementary school, and the 5th to 6th grades of elementary school were analysed. The results of the analysis show that data collection, data analysis, and data presentation elements are frequent in the courses of the elementary school and data collection, data analysis, data representation, problem decomposition in the courses of the middle school, and all elements except for parallelism in the course of the highschool. This analysis is consistent with the content of computational thinking described in the next generation science education standards. Through the meeting with the science education experts, the parallelism in the technical education was replaced with the 9th factor by changing generalization which is applied to various situations and increased the validity of the application. Second, the perceptions which appeared during the course of computational thinking with two teachers in the field are as follows. All classes can not contain the computational thinking, and they should be distinguished from classes simply using ICT. Particularly, computational thinking is thinking process which is prominent in the course of knowledge utilization by solving problems, not knowledge formation. Even with the data with errors, the experience of computational thinking to solve problems is meaningful, and above all, it is recognized that it is most important to experience directly the elements corresponding to the simulation. Computational thinking can be ideally realized during problem solving and making output, and it is necessary to reflect computational thinking emphasizing engineering and technology elements in order to activate domestic STEAM education.

Under this perception, the guide for reflecting computational thinking can be presented as a concrete example as follows. In the STEAM program related to climate change, data collection, data analysis and data representation through experiment are prominently displayed in the process of acquiring conceptual knowledge on global warming with the theme of CO2 reduction project utilizing microalgae and it can be seen that the simulation element may appear in the process of designing the CO2 reduction device, problem decomposition and

abstract elements in the process of finding appropriate reduction measures for each region among the method for reducing CO₂ and utilizing. In case that the measuring device is developed and CO₂ can be measured quantitatively in this program, computational thinking element will appear more clearly in the problem solving process, and if activities to place developed CO₂ reduction device and measurement device in various areas are added, it will be developed as a program with generalization element. This study can suggest the teacher education of science education to reflect computational thinking in the future, as it is confirmed that teachers' perception can be newly formed based on implementing observable computational thinking elements and definitions in science education.

1. 서론

미래학자 앨빈 토플러의 “제3의 물결”에 따르면 우리는 현재 정보 통신 혁명을 통한 정보화 시대에 살고 있다. 이후, 인공지능 로봇이나 3D 프린트가 발명됨에 따라 많은 학자들은 제 4의 물결이 올 것이라고 예언하고 있다. 이처럼 변화하는 사회에 맞춰 시대가 요구하는 인재상이 변화하고 있다(교육과학기술부, 2011; 교육부, 2015a, Alvin & Heidi, 2006). 시대가 요구하는 인재상을 양성하기 위하여 교육현장에서도 변화가 이루어져야한다고 보았으며 단순한 지식 전달의 방식에서 벗어나 학생들이 스스로 생각하고 탐구하여 새로운 것을 창출해 낼 수 있는 창의력을 길러주어야 한다고 보았다(과학기술정보통신부, 2004). 이에 따라 2012년 미국에서는 급변하는 사회의 변화와 학습자의 요구 등을 충족시키기 위해 과학교육 틀을 발표하였으며, 2013년 과학교육 틀을 바탕으로 차세대 과학교육 표준(The Next Generation Science Standards, 이하 NGSS)를 발표하였다. 미국은 NGSS를 통하여 과학 기반 기술 갖출 뿐만 아니라 비판적 사고력과 탐구기반 문제해결력을 갖춘 사람을 양성하고자 한다(National Research Council, 2012). 국내 교육과정도 빠르게 변화하는 사회에 맞춰 2009, 2015 개정교육과정으로 발표하였다(교육과학기술부, 2009; 교육부, 2015a). 2009 교육과정에서는 ‘배려와 나눔을 실천하는 창의적인 인재를 기를 수 있도록 교육과정을 구성한다.’고 제시하고 있으며, 2015 교육과정에서는 ‘인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖춘 창의·융합형 인재 육성’을 정책 슬로건으로 제창되었다. 두 개정교육과정 모두 공통적으로 창의적인 인재 양성에 중점을 두고 있으며, 창의·융합형 인재를 양성하기 위하여 2009 개정교육과정에서는 STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics, 융합인재교육)교육을 2015 개정교육과정에서는 핵심역량을 도입하였다(국가교육과정정보센터, 2016).

STEAM의 경우 2011년 국내 도입 후 학생들의 교과와 관련된 흥미, 이해도, 자기효능감, 창의성, 협동 능력, 의사소통 능력 등 인지적인 측면이 향상되며 이에 대한 다양한 교육 프로그램 연구 및 개발이 이루어지고 있음에도 불구하고(이영은과 이효녕 2014; 이현동, 배태윤, 이효녕, 2016), 추가적인 시간과 노력을 투자해야하는 하며 학생 수 등 교육적 환경이 적합하지 않다는 등의 이유로 초·중·고등학교에서 30% 미만의 학교만이 STEAM 교육을 실시하고 있는 것으로 조사되었다(박현주, 변수용, 심재호,

백윤수, 정진수, 2016). 현재 STEAM 교육이 교육현장에서 과학, 기술, 공학, 수학을 통합시키지 못하고 단편적으로 제공하는 문제가 있음을 지적하였다(심재호, 이양락, 김현경, 2015) 또한, 교사들은 기술과 공학을 과학과 융합하는 것에 대한 어려움을 호소하였으며, STEAM 교육이 활성화되기 위해서는 추가적인 STEAM 연수 교육과 교사들의 STEAM 교육에 대한 인식이 필요하고(우정주, 2012), 프로그램에 대한 이해와 현장의 실태에 맞도록 재구성하는 것이 필요한 실정이라 할 수 있다(곽혜정과 류희수, 2016).

이러한 흐름 속에서 2015년 교육부에서는 2015 개정교육과정을 발표하였으며, 과학에 대한 호기심과 흥미, 핵심개념에 대한 이해와 탐구능력 함양, 창의적 문제 해결을 위한 과학적 소양을 기르고자하는 과학과 교육 목표아래 5가지 핵심역량을 제시하였다(교육부, 2015b). 정현도(2016)의 연구에 따르면 2015 개정 교육과정에서 지향하는 핵심역량 함양과 일맥상통하는 부분이 있기 때문에 기존의 정규 수업을 적용하는 것보다 STEAM 수업을 적용하는 것이 자기주도적인 학습동기를 유발하고 문제해결능력을 길러주는 등 핵심역량 함양에 효과적임을 확인하였다. 또한 STEAM 프로그램에 다양한 핵심역량이 포함 되어있는 것으로 나타났으며, 핵심역량을 함양하기 위해서는 STEAM 교육이 지속되어야 한다고 보았다(박구름, 2018; 최재민, 2017). 이처럼 2015 개정교육과정에서도 STEAM프로그램이 지속되어야 하며 보다 효과적으로 교육환경에 적용되기 위해서는 앞서 이야기한 기술·공학적 어려움을 보완하여 STEAM 프로그램을 재구성해야한다.

이와 동시에 기술과 공학을 활용한 컴퓨팅 사고를 교육계에 도입하려는 시도들이 이루어지고 있다. 컴퓨팅 사고라는 개념은 Wing(2006)에 의하여 대두되기 시작하여 복잡한 문제를 다루는 것에 대한 자신감, 어려운 문제를 해결 할 때의 인내력, 공동의 목표나 해결책을 성취할 때 다른 사람들과의 의사소통 할 수 있는 능력이 향상되기 때문에(The International Society for Technology in Education, 2011), 창의·융합형 인재를 양성하는데 필요한 요소로 각광받기 시작하였다. 현재 미국, 영국 등 국외에서도 컴퓨팅 사고를 교육과정에 도입하기 위한 다양한 노력들이 기울어지고 있으며, 특히 컴퓨터 과학이 미국의 STEM교육에서 추구하는 교육 목표에 반드시 필요한 부분이 되면서 컴퓨팅 사고가 STEM 분야의 핵심이 되어가고 있다(한국과학창의재단, 2014; Grover & Pea, 2013). 국내에서는 2007 개정 교육과정 정보 교과의 교육목표로 컴퓨팅 사고가 도입된 이후 정보 교과 뿐 만 아니라 수학 교육 등 이에 대한 다양한 교과에도 컴퓨팅 사고에 대한 이해

및 적용이 확산되고 있다(남충모와 김종우, 2011; 박경은과 이상구, 2015; 안대영, 2014). 특히, 과학교과에서는 2015 개정 과학과 교육과정 내용 체계에서 제시한 기능이 NGSS의 8가지 실천과 유사하고 수학적사고와 컴퓨터의 활용이 포함되어 있는 것(교육부, 2015)과 같이 컴퓨팅 사고와 교과 간의 연계를 강조하고 있으며, 과학 교과와 컴퓨터 프로그래밍을 접목하여 수업을 진행하고 이에 따른 학생들의 컴퓨팅 사고에 대한 연구가 진행되고 있다(황요한, 문공주, 박윤배, 2016).

프로그래밍을 이용한 교육이 컴퓨팅 사고력의 추상화와 자동화를 학습하는데 용이하고 실생활의 복잡한 문제를 창의적으로 해결하는 능력을 길러주는데 효과적이기 때문에 과학을 접목한 컴퓨팅 사고 프로그램 또한 주로 프로그래밍언어를 사용하여 학생들의 컴퓨팅사고를 증진시키고자 하였으나, 컴퓨팅 사고 역량을 효과적으로 증진시키기 위해서는 프로그래밍 언어와 독립적으로 컴퓨팅 사고역량을 측정할 수 있는 평가 척도에 대한 연구가 필요하다(최속영, 2016). 과학교육 입장에서의 컴퓨팅 사고 분석 도구 개발에 관한 연구는 박영신과 황진경(2017)에서 살펴볼 수 있으며, 이는 컴퓨터 실천에 관하여 초점이 맞춰져 있어 컴퓨팅 개념에 대하여 평가하기 어려우므로 컴퓨팅 사고 9가지 요소를 바탕으로 세부 기준이 제시된 평가 도구가 필요하다(최정원, 이은경, 김경훈, 이영준, 2015). 또한 앞에서 언급한 것 과 같이 컴퓨팅 사고를 접목한 STEAM 프로그램이 중요하며 과학 선호도, 자기주도 학습에 효과적이므로 컴퓨팅 사고력 기반 융합 인재 교육프로그램의 개발이 필요하고 교육현장에 적용되어야 한다(함성진, 김순화, 박세영, 송기상, 2014). 하지만 대부분의 컴퓨팅 사고를 접목한 수업은 기술, 정보 교육 및 컴퓨터 과학 입장에서 서술되었으며, 과학교육입장에 컴퓨팅 사고에 대한 개념적 요소에 대한 정의, 프로그램 개발과 이후 교육현장에 적용되기 위한 경험 있는 선도 교사들의 수업 성공 사례에 대한 공유 및 교사 연수가 필요하다. 특히, 교사들에게 컴퓨팅 사고의 개념 소개와 다양한 수업 모델 및 평가 척도가 필수적으로 제시되어야 한다(박영신과 황진경, 2017; 최속영, 2011; 2016).

따라서, 첫째, 과학교육관점에서 컴퓨팅 사고의 요소에 대한 세부내용 및 조작적 정의를 제시하고자 한다. 둘째, 교사들의 협의를 통하여 위의 세부내용 및 조작적 정의가 과학프로그램 및 과학교육에 적용 가능한 가이드를 제시하고자 한다.

II . 이론적 배경

본 장에서는 연구를 위하여 21세기에 지향하는 교육상이 무엇이고 이에 따른 과학교육정책방향을 국내외로 살펴 본 후 실제 교육현장 적용과정에서 발생한 문제점과 이에 대한 해결책이 무엇인지 살펴보고자 한다.

A 21세기 과학인재상과 국내 과학교육의 현황

21세기 과학인재상

21세기, 디지털 기술이 발달함에 따라 디지털 시대가 도래되었다. 이에 따라 지식의 수명이 짧아지고 변화무쌍한 경쟁구도가 생성되면서 초고속 정보망이 출현하였으며 이는 급속도로 발전해 왔다. 이로 인하여 사회 구조가 수평적, 수요자 중심으로 변화하였으며 이러한 환경에 적응하기 위하여 도전적, 창의적 인재를 발굴하고 양성하는 것이 중요하다고 보았다(김병구, 2001). 이러한 움직임은 교육현장에서 이루어져야 한다고 보았으며 입시를 위한 문제풀이 위주의 교육에서는 급변하는 과학기술 정보화 사회에서 경쟁력 있는 인재를 육성할 수 없으며, 교사들이 단순한 지식 전달의 방식에서 벗어나 학생들이 스스로 생각하고 탐구하여 새로운 것을 창출해 낼 수 있는 창의력을 길러주어야 한다고 보았다(과학기술정보통신부, 2004). 또한 미국의 Partnership for 21st century skills에서는 21세기를 살아갈 학생들이 삶과 직장에서 성공적으로 살아가기 위해 배워야 할 기술로 비판적 사고, 문제 해결 능력, 통신 능력과 협동 능력을 갖춰야 한다고 발표하였다(최숙영, 2011). 미국에서는 이러한 내용을 바탕으로 급변하는 사회의 변화와 학습자의 요구 등을 충족시키기 위해 2012년에 과학교육 틀을 발표하였으며, 2013년 과학교육 틀을 바탕으로 모든 K-12 학생들이 배워야 할 과학과 공학의 중요한 내용, 실천을 기술한 새로운 과학 표준으로 The Next Generation Science Standards(이하, NGSS)를 발표하였다. NGSS를 통하여 STEM에 관심을 일으키고, 특정 내용 영역에서 강한 과학 기반 기술을 가진 사람 뿐 만 아니라 비판적 사고력과 탐구 기반 문제해결력을 갖춘 사람을 양성하고자 한다(National Research Council, 2012).

인재상 변화에 따른 국내 교육과정의 변화

국내에서도 변화하는 사회에 맞는 인재를 양성하고자 교육과정을 수정해나갔다. 우리나라는 국가 교육과정의 체제를 택하고 있어 학교 교육에 있어 교육과정의 영향력은 절대적이며(송진웅과 나지연, 2015), 이에 따라 7차 교육과정 이후 2007, 2009, 2015 개정교육과정으로 부분·수정 개정을 통하여 미래사회에 대비하는 창의·융합형 인재를 양성하고자 하였다(교육부, 2015; 김현경과 나지연, 2017). 특히, 2009 개정교육과정에서 창의성과 체험교육을 강조하면서 융합 과학을 가르치도록 강조되었으며, 2011년 융합형 인재를 양성하기 위하여 STEAM교육(Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics, 융합인재교육)이 우리나라에 도입되게 되었다. 2015 개정교육과정에서는 핵심역량을 함양하여 바른 인성을 갖춘 창의융합형 인재를 양성에 중점을 두었다. 그렇다면 과연 국내의 STEAM교육의 시작과 현황 그리고 문제점이 무엇인지 알아보고자한다.

1. 2009년 교육과정에서 강조되는 STEAM 교육의 현황

STEAM교육의 도입 및 효과

STEAM교육은 미국에서 1990년대 미국과학재단(National Science Foundation, 이하 NSF)에서 사용한 STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)교육에서 인문학 요소인 A를 융합하여 도입된 교육정책이다. 1990년대 들면서 과학과 수학에 대한 흥미와 관심이 떨어지고, 이공계 진학 기피현상이 심해지면서 과학교육의 새로운 대안으로 제시되었다(교육부, 2009). 국내 STEAM교육은 김진수(2007)가 처음으로 소개한 이후로 지금까지 계속 이어져오고 있다. 2012년 한국과학창의재단에서 기존의 연구를 종합하여 나타낸 STEAM 학습 준거(틀)을 개발하여 제시한 이후, 우리나라 STEAM교육은 이 틀을 준거하여 다양한 교육 프로그램 연구 및 개발이 이루어지고 있다. STEAM의 교육 개념은 크게 3가지로 학생의 과학기술에 대한 흥미 증진, 실생활 속의 과학기술과 연계, 융합적 사고력 배양에 초점을 두고 있으며, 이에 따라 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험을 통해 학생의 미래를 준비하고 관련된 교과가 자연스럽게 연계되고 융합되어 원리를 깨우치고 실생활 문제를 해결하기 위하여 창의적 아이디어를 제시하고 다양한 결과물을 산출하는 교육을 지향한다(교육부 2009; 김진수, 2012; 이효녕, 권혁수, 김미량, 김용기, 남정철, 박경숙, 박병열, 서보현, 손동일, 오영재, 오희진,

이성수, 이영은, 전재돈, 정현일, 조현준, 한인기, 2013). 국내 연구 동향을 살펴보면, 과학 탐구 기반의 STEAM교육 프로그램을 개발하여 적용 시킨 결과 교과와 관련된 흥미, 이해도, 자기효능감, 창의성, 활동능력, 의사소통 능력 등 인지적 측면과 STEAM 각 교과에 대한 이해와 학습에 기여하여 긍정적인 효과가 나타남을 확인하였다(이영은 과 이효녕, 2014; 이현동 외, 2016).

STEAM교육의 현황 및 문제점

이처럼 STEAM 교육은 적용이 학생들에게 긍정적인 영향을 미치지만, 실제 교육 현장에서는 활발하게 시행되지 않는 것으로 나타났다. 전국 17개 시·도교육청의 모든 초·중·고등학교를 대상으로, 교육부 공문을 통하여 1주일 간 온라인 설문을 통하여 STEAM교육의 실행 여부를 파악한 결과 조사에 참여한 30%미만의 학교에서 STEAM교육을 실행하고 있는 것으로 나타났다. STEAM 교육에 참여하지 않는 이유로 학생 수 등 교육적 환경이 적합하지 않고, 추가적인 시간과 노력을 투자해야한다고 응답하였으며, 추가적인 의견으로 STEAM 교육에 대한 교사의 이해 및 인식 부족 등 복합적인 요인에 의하여 현장에 적용하기 어렵다고 응답하였다(박현주 외, 2016). 융합인재교육 연구 동향 분석 결과 융합인재교육의 성공적인 정착을 위해서는 시행하는 교사들에게 달렸다고 보았으며, 아무리 많은 우수한 교육 프로그램이 제공 되더라도 그 프로그램의 취지를 이해하고 적용 현장의 실태에 맞도록 재구성하여 교육의 효과를 높이는 것이 중요하다고 이야기 하였다(곽혜정과 류희수, 2016). STEAM교육에 대한 교사들의 인식을 살펴보면, STEAM 교육이 교육 취지나 교수방법의 활용도에서는 긍정적으로 보았으나, 실현가능성과 현 교육과정과의 괴리에 대해 부정적으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. STEAM교육이 실제로 교육현장 속 교사들이 STEAM 교육에 대한 정보 및 이해가 부족하여 어려움을 겪고 있으며(우정주, 2012), 특히 구체적인 가이드라인이 정확하지 않고 기술과 공학을 과학과 융합하는 것에 대하여 어려움을 겪기 때문에 STEAM프로그램의 보완이 필요하다고 보았다(황진경, 2015). 어려움을 겪는 이유는 STEAM 프로그램이 일반적으로 과학, 기술, 공학, 수학을 통합시키지 못하고 이들 분야를 단편적으로 또는 일부 제공하기 때문이며, 학교 교과목으로서 과학, 기술, 공학, 수학의 차이점, 유사점, 관계에 대한 분명한 논의가 거의 없으며 교육결과 과학 소양 및 기술 소양과 관련해서 문제가 있는 모호한 아이디어라고 이야기하였다(심재호, 이양락, 김현경, 2015).

이러한 교육적 흐름 속에서 2015 개정교육과정을 발표하였다. 2015 개정 교육과정은 미래의 사회에 대비하여 학습한 지식을 바탕으로 새로운 환경과 상황 속에서 필요한 내용을 선택하고 통합하여 문제를 해결하고, 새로운 지식과 가치를 생성할 수 있는 인재를 양성하고자 문·이과 구분에 따른 지식 편식 현상을 개선하고 미래 사회가 요구하는 인문학적 상상력, 과학기술 창조력을 갖춘 창의·융합형 인재를 양성하기 위하여 개정되었다(교육부, 2015a). 이러한 융합교육은 스팀교육에 대한 중요성을 더욱 부각시키는 반면 기존에 스팀교육에 반영되어야 할 역량에 대해서도 구체적으로 제시하였기에 스팀 프로그램에 과학역량을 포함하는 것은 스팀 교육정책을 좀 더 활성화시키는 데 도움이 될 것으로 판단이 된다(박구름, 2018). 따라서 과연 과학역량이 무엇인지 다음 장에서 이를 알아보려고 한다.

2. 2015 개정 교육과정에 나타난 과학과 핵심역량의 반영

2015 개정 교육과정에 나타난 과학과 핵심역량의 정의

2015 개정 교육과정의 기본 방향은 크게 4가지로 “미래 사회를 살아가는데 필요한 능력 함양을 위한 핵심역량 반영”, “인문·사회·과학기술 기초 소양과 인성교육 강화”, “배움을 즐기는 행복교육이 가능하도록 교과 학습량 적정화”, “교수·학습 및 평가 방법 개선하여 교실 수업 혁신”으로 나타나있다. 추구하는 인간상으로는 “인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖추고 바른 인성을 겸비하여 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출할 수 있는 창의·융합형 인재”를 제시하였다. 이러한 목표를 구현하기 위해 교과교육과 관련하여 학교교육에서 학생들에게 핵심역량을 총론 수준으로 제시하고 학습내용을 감축하였으며, 교수·학습 및 평가 방법을 개선하였다(교육부, 2015b; 김현경과 나지연, 2017). 더 나아가 ‘교과 교육과정’ 개정의 방향은 ‘창의·융합형 인재 양성을 위한 교과 교육과정 개발’, ‘핵심역량을 반영한 교과 교육과정 개발’, ‘교과 핵심 개념을 중심으로 내용 선정’, ‘배움의 즐거움을 경험할 수 있는 학생 중심 교과 교육과정 개발’ 등으로 나타났다(송진웅과 나지연, 2015; 이광우, 정영근, 서영진, 정창우, 최정순, 박문환, 이봉우, 진의남, 유정애, 이경연, 박소영, 주형미, 백남진, 온정덕, 이근호, 김사훈, 2014). 2015 개정교육과정 과학과 교육목표는 “자연 현상과 사물에 대하여 호기심과 흥미를 가지고, 과학의 핵심 개념에 대한 이해와 탐구 능력의 함양을 통하여, 개인과

사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기른다.” 이다. 이러한 과학과 교육목표 아래 과학과 핵심역량은 5가지로 나누었으며, 과학적 사고력, 과학적 문제 해결력, 과학적 참여 및 평생학습 능력, 과학적 탐구능력, 과학적 의사소통 능력으로 나뉜다(교육부, 2015b).

표 1. 2015 개정교육과정 과학과 핵심역량 (교육부, 2015b)

과학과 핵심역량	내용
과학적 사고력	과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고
과학적 탐구력	과학적 문제해결을 위해 실험, 조사, 토론 등 다양한 방법으로 증거를 수집, 해석, 평가하여 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성해 가는 능력
과학적 문제해결력	과학적 지식과 과학적 사고를 활용하여 개인적 혹은 공적 문제를 해결하는 능력
과학적 의사소통 능력	과학적 문제해결 과정과 결과를 공동체 내에서 공유하고 발전시키기 위해 자신의 생각을 주장하고 타인의 생각을 이해하며 조정하는 능력
과학적 참여와 평생 학습 능력	공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력

2015 개정교육과정 과학과 핵심역량의 특징은 다음과 같다. 과학과 핵심역량은 인성역량, 지적 역량, 사회적 역량 등을 포괄하는 다차원적, 총체적 개념이며, 과학과 내용 지식 및 개념을 전제로 하고 학습 가능한 능력이다. 또한 과학적 참여와 평생학습 능력을 강조하여 ‘과학 탐구’를 기업교육과 평생학습의 입장에서 범교과적으로 재해석한 것이다. 이러한 핵심역량을 개발하기 위한 국내외 사례연구에서는 협력적 문제해결학습, 탐구학습, 문제 중심 학습 등과 같이 학습자의 참여를 강조하는 교수 학습 방법이 공통적으로 강조되었으며, 다양한 경험제공과 교과 간 통합 수업 활용이 중요하고, 실제 세계와의 연계를 강조해야 핵심역량 개발을 위한 과학수업이 구현될 수 있다고 보았다(곽영순, 2014; 교육부, 2015b).

STEAM 교육 프로그램에 나타난 과학과 핵심역량

이처럼 2015 과학과 개정교육과정에서도 교과 간 통합수업, 협력적 문제해결학습 등을 강조하고 있으며 이러한 학습은 기존의 수업보다 STEAM교육프로그램을 적용한 수업이 학생들의 학습동기를 유발하여 능동적이고 자기주도적인 경험을 제공함으로써 문제해결능력을 함양할 수 있으므로 2015 개정 교육과정에서 지향하는 핵심역량을 길러주는데 효과적인 것으로 확인되었다(정현도, 2016). 또한 2015 과학과 핵심역량을 구체적으로 조작하여 측정도구를 개발하여 STEAM 교육 프로그램을 분석한 결과 STEAM 교육 프로그램에 과학과 핵심역량이 포함되어 있는지에 관하여 측정이 가능하고 골고루 반영되어 있음을 확인하였으며(박구름, 2018), STEAM 연구학교 프로그램에 제시된 핵심역량을 분석한 결과 프로그램에 반영된 핵심역량은 학교 급에 따라 큰 차이가 없지만 준거 틀에 제시된 핵심역량을 보았을 때 단계별로 다른 핵심역량이 나타남을 확인하였다(최재민, 2017). 이와 같이 2015개정교육과정에서 이야기하는 핵심역량을 함양을 기존의 정규수업을 적용하는 것 보다 STEAM교육 프로그램을 통하여 함양할 수 있으며, STEAM교육에 핵심역량의 하위항목이 포함되어 있는 것을 다양한 연구를 통하여 확인할 수 있었으며 이를 통하여 2015 개정교육과정의 핵심역량을 함양하기 위해서 STEAM 교육 프로그램이 수업에 적용되어야함을 알 수 있다.

B. 컴퓨팅 사고의 필요성

기술정보가 발달하게 되면서 함께 떠오르는 것이 컴퓨팅 사고이다. 본 장에서는 컴퓨팅 사고의 필요성을 알아보기 위하여 컴퓨팅 사고란 무엇이고 국내외 연구동향은 어떠한 지 살펴보고자 한다.

1. 컴퓨팅 사고 정의와 요소

컴퓨팅 사고의 대두와 정의

컴퓨팅 사고(Computational Thinking)란 무엇일까? 컴퓨팅 사고란 용어는 Wing(2006)에 의해 부각되었으며 21세기를 살아가는 모든 사람에게 기본적으로 필요한 기술로써 컴퓨팅 사고가 3R(읽기, 쓰기, 셈하기)와 더불어 모든 학습자가 갖추어야 할 기본 능력이라고 언급하였다. 컴퓨팅 사고를 ‘컴퓨터 과학의 기초적인 개념들에 기반을 둔 문제해결, 시스템 설계, 인간 행동의 이해를 포함하는 개념’ 이라고 이야기 하였다. 또한 컴퓨팅 사고는 인간이 문제를 해결하는 방법의 하나로 인간이 컴퓨터처럼 사고하는 것을 뜻하는 것이 아니고, 수학적 사고와 공학적 사고를 보완하고 결합한다고 설명하였다. 이후 Wing(2008)은 컴퓨팅 사고의 요소를 크게 추상화와 자동화 두 가지로 나누었으며, 이를 통하여 문제 해결 능력을 함양 하는 것 컴퓨팅 사고에서 중요하다고 하였다. 추상화란 문제의 핵심요소를 추출하여 모델링하고 컴퓨팅 기기를 통해 해법을 자동화 하는 능력을 말하며, 자동화란 이러한 추상화 과정에서 만들어진 문제 해결 모델을 컴퓨터가 이해할 수 있는 프로그래밍 언어로 표현하여 인간이 처리하기 어려운 많은 양의 복잡한 작업이나 시뮬레이션을 실시한 것을 이야기한다. 컴퓨팅 사고는 단순히 컴퓨팅 도구 자체만을 이야기하는 것이 아니라 문제의 인식과 분석, 자료수집과 분석, 문제 해결책 마련을 위한 다양한 사고 진행, 컴퓨팅 능력 활용, 컴퓨팅으로 해결책 구현 방법 설계하는 모든 과정을 컴퓨팅 사고라고 말하였으며, 컴퓨팅 사고는 과학자나 공학자에게만 필요한 것이 아니라 언제 어디서든 누구에게나 필요한 것이라고 주장하였다(Wing 2006; 2008).

컴퓨팅 사고의 개념적 요소

CSTA (Computer Science Teacher Association, 2011)에서는 wing의 연구를 바탕으로 컴퓨팅 사고를 재 정의하였다. CSTA는 문제를 해결하기 위해 컴퓨터 등의 장비를 사용할 수 있도록 제시된 문제를 전환하고 관련된 자료를 논리적으로 처리하고 분석하여 모델이나 시뮬레이션을 통하여 자료를 재현하고 여러 단계가 포함된 알고리즘 사고를 통해 해결책을 찾기 위해서 자동화 하는 것, 자율적이고 영향력 있는 방법을 통해 가능한 해결책을 인지하고, 분석하여, 수행하는 것, 이러한 해결책을 바탕으로 하여 좀 더 확장된 상태에서 일반화하거나 전환하여 그 쓰임의 효과를 알아보는 것이라 하였다. ISTE와 CSTA (International Society for in Education & Computuer Science Teacher Association, 2011)는 복잡하고 어려운 학습 문제뿐만 아니라 일반적인 학습 목표의 해결을 위해 학습자의 절차화된 사고 및 학습과정의 실제적 방법론이라고 보았으며, 다음의 6가지의 구성요소를 포함한다고 보았다. 첫째, 문제를 컴퓨터로 해결 할 수 있는 형태로 구조화하기 둘째, 자료를 분석하고 논리적으로 조작하기 셋째, 모델링 이나 시뮬레이션 등의 추상화를 통해 자료를 표현하기 넷째, 알고리즘적 사고를 통해 해결방법을 자동화하기 다섯째, 효율적인 해결방법을 수행하고 검증하기 여섯째, 문제 해결과정을 다른 문제에 적용하고 일반화하기 위의 구성요소를 토대로 컴퓨팅 사고개념에 관하여 9가지로 구성요소를 나누어 조작적 정의를 내렸다. 9가지 요소는 자료 수집, 자료 분석, 자료표현, 문제분해, 추상화, 알고리즘과 절차화, 자동화, 시뮬레이션, 병렬화로 나누어 제시하였다. 제시된 컴퓨팅 사고의 9요소를 모든 단계를 수용할 필요는 없으며 문제의 복잡정도에 따라 생략되는 단계를 포함한다고 이야기하였다.

표 2. 컴퓨팅 사고 9가지 요소 (CSTA와 ISTE, 2011)

구성요소	정의
자료수집	문제의 이해와 분석을 토대로 문제를 해결하기 위한 자료를 모으는 단계
자료분석	자료의 이해, 패턴 찾기, 결론을 도출하기
자료표현	문제의 자료 내용을 그래프, 차트, 단어, 이미지 등으로 표현하는 단계
문제분해	문제를 해결하기 위해 문제를 나누어 분석하는 단계
추상화	문제의 복잡도를 줄이기 위해 문제를 나누어 분석하는 단계
알고리즘과 절차화	지금까지의 문제를 해결하기 위한 과정을 순서적 단계로 표현하는 단계
자동화	순서적으로 나열하고 표현한 내용을 컴퓨팅 기기를 이용하여 문제해결의 최선책을 선택하는 단계
시뮬레이션	복잡하고 어려운 해결책이나 현실적으로 실행이 불가능한 해결책을 선택하기 위해 모의 실험하는 단계
병렬화	목표를 달성하기 위한 작업을 동시에 수행하도록 자원 구성

Valerie와 Chris(2011)의 연구에서는 컴퓨터 과학교육에서의 다양한 학문에서의 예시를 제시하며, K-12 교육 현장에서 컴퓨팅 사고력을 적용할 수 있는 방법을 통하여 컴퓨터과학, 수학, 과학, 사회, 언어과목에서 컴퓨팅 사고 세부 항목을 9가지로 나누어 정의하였다. 특히, 과학의 경우에는 9가지 요소를 적용할 수 있다고 보았다. 문제를 해결하기 위하여 모든 학생들이 컴퓨팅 사고를 향상시켜야 하며 이를 적용시키기 위해 교수학습방법 등의 변화가 필요하다고 보았다.

표 3. 교과별 컴퓨팅 사고 요소 정의 예시 (Valerie & Chris, 2011)

컴퓨팅 사고 요소	컴퓨터 과학	수학	과학	사회	국어
자료수집	문제 지역을 위해 자료를 찾는 것	문제 지역을 위해, 자료를 찾는 것 예를 들어 동전 뒤집기나 주사위 굴리기	실험으로부터 데이터 모으기	전투 또는 자료 하기	문장의 언어 분석하기
자료분석	설정된 자료에서 기본적인 계산을 하기 위하여 프로그램을 작성하는 것	튀기거나 주사위를 굴리는 현상을 세고 결과를 분석하기	실험으로부터 나온 데이터 분석하기	통계에서 나온 자료의 경향 확인하기	다양한 문장 유형의 패턴을 식별하기
자료표현	배열, 관련된 리스트, 스택, 큐, 그래프, 표 등과 같은 데이터 구조 사용하기	데이터를 표현하기 위해 막대그래프, 원 그래프 사용하기; 데이터를 처리하기 위해 세트, 리스트, 그래프 등 사용하기	실험으로부터 나온 데이터 요약하기	경향을 재표현하고 요약하기	다양한 문장 유형의 패턴 나타내기
문제분해	목적과 방법을 정의하는 것; 주(main)와 기능을 정의하는 것	표현의 운용 순서를 적용하기	종을 분류하기		개요 쓰기

추상화	수행기능을 가진 반복되는 명령을 요약하기 위하여 절차를 사용하는 것	대수학에 변수를 사용하고, 단어 문제에서 필수적인 사실을 확인하며, 프로그래밍 기능과 비교하여 대수학의 기능을 연구하기; 단어 문제를 해결하기 위해 반복을 사용하기	물리적 실체의 모델 만들기	요소 요약하기; 사실에서 결론 추론하기	은유와 비유 사용하여 맥락을 가진 이야기 쓰기
알고리즘과 절차화	최고의 알고리즘을 연구하는 것	분할 작업 수행; 덧셈과 뺄셈 병행하기	실험 절차 수행		지침 쓰기
자동화		도구 사용하기 예를들어 지오미터 스케치패드, 스타레고; 파이썬 코드 조각	프로브웨어 (컴퓨터 활용 과학 탐구 도구) 사용하기	엑셀 사용하기	철자확인 이용하기
병렬화	나사깎기, 파이프라이닝,	선형 체계를 풀기; 행렬 찾기	다른 매개변수를 사용하여 동시에 실험하기		
시뮬레이션	알고리즘 애니메이션, 한도 쓰기	데카르트 평면의 함수를 그래프로 표시하고 변수 값 수정하기	태양계의 움직임을 시뮬레이션하기	제국의 시대 실행하기	스토리에서 다시 삽입하기

또한 컴퓨팅 사고가 문제제기부터 적절한 도구나 장비 또는 인터넷 등 여러 가지 컴퓨팅 기기를 통하여 산출물 혹은 해결책을 도출해내는 과정에서 모든 인지과정에 관련한 실천적 사고로 보고 Advanced Placement Computer Science Principles Draft Curriculum Frame Work(2017)에서는 컴퓨팅 사고 실천 요소 6가지를 발표하였다. 컴퓨팅 사고 실천은 제시된 문제를 구체화하여 산출물을 개발하는 과정에서 컴퓨팅 사고가 일어나며 이러한 과정에서 인간의 사고와 컴퓨팅을 연결하고[P1], 컴퓨팅 산출물을 개발하고[P2], 추상화하고[P3], 문제와 산출물을 분석하고[P4], 의사소통[P5]과 협력[P6]의 실천요소가 동반된다고 보았다. 위의 6가지 실천요소는 7가지의 개념을 바탕으로 이루어진다고 보았으며, 7가지의 개념은 창의성, 추상화, 자료와 정보, 알고리즘, 프로그래밍, 인터넷, 세계적인 영향이다. 먼저, 7가지의 개념을 제시한 후 이와 관련된 교육목표를 설정하고 학습목표를 제시하였다. 그리고 위의 6가지 실천요소 중 해당하는 부분을 표시하여 제시하였다(그림 1,2).

1. 7가지 개념 요소						
개념 1	개념 2	개념 3	개념 4	개념 5	개념 6	개념 7
창의성 (Creativity)	추상화 (Abstraction)	자료와 정보 (Data and Information)	알고리즘 (Algorithms)	프로그래밍 (Programming)	인터넷 (Internet)	세계적인 영향 (Global Impact)
2. 교육목표 제시						
개념 1	1.1 컴퓨팅은 산출물의 생성을 촉진한다.					
	1.2 컴퓨팅은 창의적인 표현을 촉진한다.					
	1.3 프로그래밍은 창의적인 과정이다.					
3. 학습목표 제시						
개념 1	1.1 컴퓨팅은 산출물의 생성을 촉진한다.	1.1.1. 산출물을 창조하기 위하여 컴퓨팅 도구와 기술 사용하기 [P2]				
		1.1.2 컴퓨팅 산출물 제작에 협력하기 [P6]				
		1.1.3 컴퓨팅 산출물 분석하기 [P4]				

그림 2. 7가지 개념요소, 교육목표, 학습목표
(AP Computer Science Principles, 2017)

Big Idea 1: Computing is a creative activity.		
Creativity and computing are prominent forces in innovation; the innovations enabled by computing have had and will continue to have far-reaching impact. At the same time, computing facilitates exploration and the creation of knowledge. This course will emphasize these creative aspects of computing. Students in this course will create interesting and relevant artifacts with the tools and techniques of computer science.		
Enduring Understandings	Learning Objectives (What students must be able to do)	Essential Knowledge (What students need to know)
1.1 Computing fosters the creation of artifacts.	1.1.1 Use computing tools and techniques to create artifacts. [P2]	<p>1.1.1.a Computing enables people to create digitally — creating knowledge, tools, expressions of ideas, and solutions to problems.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Creating digitally requires understanding and using software tools. • Creating digitally can be done by combining and modifying existing artifacts or by creating new artifacts. <p>1.1.1.b Computing enables people to translate intention into computational artifacts.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A computational artifact is created by human conception using software tools. • Examples of computational artifacts include digital music, videos, images, documents, and combinations of these such as infographics, presentations, and Web pages.
	1.1.2 Collaborate in the creation of computational artifacts. [P6]	<p>1.1.2.a Collaboration is an essential part of creating computational artifacts.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Collaboration facilitates multiple perspectives in developing computational artifacts. • A computational artifact can reflect collaborative intent.
	1.1.3 Analyze computational artifacts. [P4]	<p>1.1.3.a A computational artifact can be analyzed for correctness, functionality, and suitability.</p> <ul style="list-style-type: none"> • A computational artifact may have weaknesses, mistakes, or errors depending on the type of artifact. For example, music created by a program may not have an error but may simply be hard to listen to. • The functionality of a computational artifact may be related to how it is used or how it is perceived. • The suitability (or appropriateness) of a computational artifact may be related to how it is used or how it is perceived.

그림 3. 컴퓨팅 실천을 바탕으로 개발된 컴퓨팅 사고 교육과정 프레임워크
(AP Computer Science Principles , 2017)

국내 교육과정의 컴퓨팅 사고 도입

국내의 컴퓨팅 사고정의를 살펴보면 연구자의 관심분야에 따라 정의가 달라지지만 다음과 같은 공통점이 나타났다. 컴퓨터 과학에 기초한 문제해결의 방법, 문제해결의 논리적 구체적, 계산형태의 명확한 기호적 표현방법, 문제해결의 효율적 실행을 위한 절차적 사고의 과정, 인간의 지적 능력을 확장하는 추론의 과정, 문제해결을 위해 하드웨어/소프트웨어를 인지적 도구로 사용, 기술과 사고 과정의 한정된 집합이 아니라 기술과 학습의 역동적 성격을 반영하는 개방적이고 성장하는 개념임을 제언하였다. 이에 따라 우리나라에서의 적용 방향은 문제해결을 위한 추상화와 모델링으로 보았으며, 컴퓨팅 도구를 사용하지 않는 학습과 컴퓨팅 도구를 활용하는 학습으로 나누어 보았다(문교식, 2013). 국내 교육과정에서는 소프트웨어 교육 운영 지침에 따른 정의를 따르고 있으며, 소프트웨어 교육에서 추구하는 인재상은 건전한 정보 윤리 의식을 가지고 컴퓨팅 사고력을 기반으로 타 분야와 소프트웨어를 융합하여 창의적으로 문제를 해결하는 창의·융합 인재이며, 실생활에서 발생하는 복잡한 문제를 효과적이고 효율적으로 해결하기 위해 컴퓨터 기술 자원을 개발, 사용하는 모든 활동을 포함하는 컴퓨팅의 기본적인 개념과 원리를 활용하는 인간의 사고과정 또는 종합적인 능력을 이야기 한다. 컴퓨팅 사고력은 실생활의 문제를 컴퓨터를 통해 해결 가능한 형태로 표현하는 추상화 과정과 추상화 단계에서 만들어진 해결책을 컴퓨터가 이해할 수 있도록 프로그래밍 언어로 구현하고, 이를 실행함으로써 문제를 해결하는 자동화 과정으로 나누어 제시하고 있다(교육부, 2015c). 복잡하고 어려운 문제를 추상화와 자동화 과정을 통해 해결하는 절차적 사고인 컴퓨팅 사고가 국내외 어떻게 활용되고 있는지 컴퓨팅 사고 연구에 대한 동향을 살펴보고자 한다.

2. 컴퓨터 사고 연구 동향

국외 연구 동향

미국의 ISTE와 CSTA(2011)는 전문가 집단의 설문을 통하여 컴퓨팅 사고에 대한 조작적 정의를 내렸으며, K-12 컴퓨터 과학 교육과정에 컴퓨팅 사고를 포함시켰다. 2013년 과학교육과정을 개편하면서 차세대 과학교육 표준(Next Generation Science Standard, 이하 NGSS)라는 새로운 교육과정을 발표하였다. NGSS는 과학자들이 세상에 대한 이론과 모델을 조사하고 개발하기 위해 사용하는 과학적 실천과 공학자들이 시스템을 설계하고 만들기 위해 사용하는 공학적 실천을 바탕으로 8개의 과학과 공학 실천을 제시하였다. 과학자와 공학자들이 수행하는 실습을 통해 연구와 설계가 이루어지는 과정을 살펴 경험적 조사, 해결책 개발, 근거에 따른 모델이나 설명의 적합성이나 산출물 설계의 타당성과 같은 아이디어들이 분석·논의·평가하는 3가지 영역으로 나누어 제시하였다. 이를 토대로 학습자가 과학을 활용하기 위해 익혀야 하는 과정으로 제안하였다. 실천 차원의 세부 영역들은 자료수집, 자료분석, 자료표현, 추상화, 모델링, 자동화 등 컴퓨팅 사고에 관련된 내용들이며, 8가지 실천 중 하나로 수학 및 컴퓨팅사고 활용하기를 포함하고 있다. 특히 컴퓨팅 사고를 통해 인간의 인지 능력으로 수행하기 어렵거나 불가능한 일을 가능하게 하여 과학의 역량을 증대시키고 발전시킬 수 있다고 하였다. 그 과정에서 컴퓨팅 사고는 필수적인 요소이며 컴퓨팅 기기가 필요하다고 보았다(NGSS, 2013). 수학 및 컴퓨팅 사고하기를 자세히 살펴보면 다음과 같다. 수학과 컴퓨팅은 과학과 공학에서 물리적 변인과 변인 사이의 관계를 표상하는 기본적인 도구이다. 또한 시뮬레이션을 만들고, 방정식을 정확하게 또는 대략적으로 풀고 정량적인 관계를 인식하고 표현하고 적용하는 과정에서 사용된다. 이러한 접근법은 과학자와 공학자가 시스템의 행동을 예측하고 그 예측에 대한 타당성을 검증하도록 한다. 따라서 컴퓨터와 디지털 도구 사용으로 인하여 정확히 계산 되지 않은 해결책을 추정하고 자료의 분석을 통해 규칙성을 확인하는 힘을 기를 수 있으며 학생들은 컴퓨터와 연결된 실험 기구를 사용하여 관찰, 측정, 기록, 자료 처리를 할 것이다. 이러한 과정에서 컴퓨팅 사고가 향상될 것으로 기대된다. 더 나아가 자료를 조직하고 찾는 전략, 알고리즘과 같이 단계를 절차화하고 자연계나 인공계에 관한 시뮬레이션을 개발할 수 있을 것으로 보이며 모든 학생들은 수학 및 컴퓨팅 사고의 사용으로 과학능력을 향상시켜야 한다(NGSS, 2013).

표 4. 과학과 공학 실천 중 수학 및 컴퓨팅 사고 (NGSS, 2013)

K-2학년	3-5학년	6-8학년	9-12학년
정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것을 언제 사용할지 결정	제안된 사물 또는 도구가 성공 준거에 맞는지 확인하기 위하여 정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것이 적합한지 결정		
· 숫자로 세는 법을 사용하여 자연계 및 인공 세계에서 나타나는 규칙성 확인 및 기술	· 간단한 자료를 정리하여 관계의 규칙성 표현	· 디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성과 경향 분석	· 현상, 설계된 도구, 과정 또는 시스템에 대하여 전산적 모델이나 시뮬레이션 제작 및 수정
· 여러 가지 물체의 정량적 특성을 기술, 측정하고 비교하여 간단한 그래프 자료로 표현	· 물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제 다룸	· 수학적 표상을 사용하여 과학적 결론이나 공학적 해결책을 기술하고 뒷받침	· 현상이나 설계안에 대한 수학적, 전산적, 알고리즘적 표상을 사용하여 주장, 설명을 기술하거나 뒷받침
· 정량적 자료를 사용하여 문제에 대한 두 가지 대안적 해결책을 비교	· 간단한 알고리즘에 따르는 그래프, 차트를 만들어 공학 문제의 대안적 해결책 비교	· 알고리즘을 만들어 문제 해결 · 과학적 질문과 공학적 문제에 수학 개념 및 과정 적용 · 디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 제안된 해결책 검증 및 비교	· 대수, 함수 기법을 사용하여 수학, 공학적 문제를 표현하고 해결 · 간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그래밍, 알고리즘 또는 시뮬레이션을 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인 · 유도된 단위, 복합 단위를 활용하여 복잡한 측정 문제 상황에서 단위 변환을 적용

2013년 영국도 ‘새로운 학교 교육과정(New National Curriculum)’을 발표하면서 5세부터 모든 학생들이 컴퓨팅 교육을 받아야 할 것을 강조하였다. 컴퓨터 과학 과목을 “Computing”이라 정하고 모든 학년이 의무적으로 교육받도록 교육과정을 구성하였다. Computing 교육과정은 컴퓨팅 사고력과 창의성을 활용한 문제 해결 등 컴퓨팅 사고를 함양하도록 구성하였으며, 다양한 교과와 연계되도록 하였다(한국과학창의재단, 2014; Department for Education, 2013). 그렇다면 국내에서는 컴퓨팅 사고에 대하여 어떻게 생각하고 어떤 연구를 진행하고 있는지 살펴보자.

국내 연구 동향

국내에 처음으로 컴퓨팅 사고가 도입된 것은 2007 개정 교육과정 정보교과이다(교육인적자원부, 2007). 이후, 이영준(2008)의 연구에 의해 초·중등학교의 컴퓨팅 사고 향상을 위한 정보 교육의 목표 설정 방향이 제시되었으며, 2009, 2015 개정교육과정을 통하여 정보 교과에서 교육목표를 컴퓨팅 사고 향상에 두고 있다(교육과학기술부, 2009; 교육부, 2015). 국내 연구를 살펴보면 21st Century Skills와 컴퓨팅 사고에서 ‘창의성’과 ‘문제해결력’의 공통적인 주요 핵심개념을 가지고 있는 것으로 보았으며, 우리나라 교육에서 컴퓨팅 사고에 대한 개념에 대하여 생소하게 느끼거나, 알고 있더라도 단지 프로그래밍을 보거나 하드웨어와 소프트웨어로 잘못 인식하는 경우가 많다고 이야기하였다. 따라서 기본 개념의 학습을 위한 체계적인 교육 내용에 대한 연구가 이루어져야한다고 제언하였다(최숙영, 2011). 이후 컴퓨팅 사고를 도입한 CPS(Creative Problem Solving)모형을 개발하여 학습자의 정의적 영역을 살펴보는 연구(권정인, 2013) 및 컴퓨팅 사고를 도입한 컴퓨팅 사고 기반 실생활 문제해결 수업콘텐츠를 개발하여 이를 적용한 후 산출물을 바탕으로 흥미성, 창의성에 대한 연구(김병조, 전용주, 김지현, 김태영, 2016)을 통하여 컴퓨팅 사고 기반 프로그램 및 모형이 학습자의 흥미와 창의성, 의사소통 및 비판적, 논리적 사고 등에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다(권정인, 2013; 김병조, 2015). 이는 ISTE(2011)에서 나타난 기술 및 태도와 유사한 것으로 나타났다. 이 외 컴퓨팅 사고와 관련 문헌과 스크래치 프로그래밍 효과성 관련 문헌 결과 분석을 바탕으로 6개(절차 및 알고리즘, 병행화 및 동기화, 자료표현, 추상화, 문제분해, 시뮬레이션)요소를 수준에 따라 기초, 발달, 능숙 3단계로 컴퓨팅 사고 세부 요소를 평가할 수 있는 루브릭을 고안하는 연구(최형신, 2014)와 일반적인 문제해결과정과 컴퓨팅 사고의 세부적 요소의 연결을 통하여 컴퓨팅

사고 역량 증진을 위한 수업 프레임 워크(최속영, 2016) 등 프로그램 개발, 효과성에 관한 연구, 평가도구 개발 등 컴퓨팅 사고에 관련한 다양한 연구가 진행되고 있음을 확인하였다. 이러한 연구는 컴퓨터 및 정보 분야 뿐 만 아니라 수학 교육 등 다양한 교과에서도 적용이 확산되고 있다(남충모와 김종우, 2011; 박경은과 이상구, 2015; 안대영, 2014). 교과서에서 사용하고 있는 초등 수학교육 내용을 컴퓨팅 사고의 구성요소 측면에서 재해석 하였으며, 교과교육을 통하여 컴퓨팅 사고적 요소를 수행할 수 있으며, 다양한 분야에서 발견되고 있는 것을 확인하였다.

과학교과와 컴퓨팅 사고 연계 현황

과학교육에서도 과학 교과와 컴퓨터 프로그래밍을 접목하여 수업을 진행하고, 이에 따른 학생들의 컴퓨팅 사고에 대한 인식 변화를 알아보는 연구가 진행되고 있으며(노희진과 백성혜, 2015; 황요한 외, 2016), 소프트웨어 활용 수업이 과학학습에 대한 태도 및 컴퓨팅 사고력에 도움을 주는 것으로 확인되었다. 그 외 단일교과가 아닌 STEAM 교육 프로그램에서도 컴퓨팅 사고에 대한 적용을 살펴볼 수 있다. 이은경(2012)은 컴퓨팅 사고를 활용한 STEAM 교육 프로그램이 각 교과간의 융합의 틀을 제공할 수 있으므로 컴퓨팅 사고를 중심으로 한 STEAM 교육이 이루어져야한다고 보았다. 이후 컴퓨팅 사고력 기반 융합인재교육 프로그램(CT-STEAM)을 개발하여 적용하였으며, STEAM 각 교과목의 선호도, 자기수도학습 등에 효과적이므로 후속 연구 및 교육현장에서의 적용이 필요하다고 보았다(김순화, 함성진, 송기상, 2015; 함성진 외, 2014) 그러나 컴퓨팅 사고 역량을 증진시키기 위한 교육이 효과적으로 이루어지기 위해서는 다양한 측면에서 지원이 필요하며, 프로그래밍 언어와 독립적으로 컴퓨팅 사고 역량을 측정 할 수 있는 평가 척도에 대한 연구가 필요하다고 보았다(최속영, 2016). 과학교육입장에서의 STEAM 교육을 활용한 컴퓨팅 사고 평가 도구는 박영신과 황진경(2017)연구에서 확인할 수 있었으며, 본 연구에서는 미국의 컴퓨터 과학 교육과정(The College Board, 2013)의 컴퓨팅 사고의 6가지 실천과 목표를 토대로 ISTE와 CSTA가 정의한 구성요소가 교실상황에 적용하고 이를 분석한 과학자 및 과학교육자의 관점자료, 차세대 과학과 교육과정과 연계하여 CT_STEAM_AT를 개발하였으며, 위의 도구를 STEAM 교육프로그램에 적용하여 타당도를 구축하였다. 이 과정을 통하여 STEAM의 활성화를 위하여 걸려되거나 제한적으로 나타난 컴퓨팅 사고요소를 파악하여 보충한다면, 교사들이 STEAM 수업에서 어려움을 겪는 기술, 공학과 과학의 연계를 적극적으로 활용할 수 있을 것으로

보았다. 그러나 박영신과 황진경(2017)연구에서는 Brennan과 Resnick(2012)이 설명하는 컴퓨팅 사고력 영역의 컴퓨팅 개념, 컴퓨팅 실천, 컴퓨팅 관점 중 컴퓨팅 실천에 대한 내용에 초점이 되어있다. 컴퓨팅 실천은 산출물을 작성하는 과정에서 무엇을 어떻게 학습하였는가에 대한 학습자의 학습과정에 대해 초점이 맞춰져 있어 컴퓨팅 개념에 대하여 평가하기 어렵다. 따라서, 컴퓨팅 개념 요소를 평가하기 위해서는 컴퓨팅 사고 9가지 요소로 세부 기준이 개발되면 평가 도구로 활용하여 컴퓨팅 사고력 발달을 평가할 수 있는 지표가 될 것으로 보인다(최정원 외, 2015)

표 5 . 컴퓨팅 사고 분석도구 CT_STEAM_AT (박영신과 황진경, 2017)

	컴퓨팅 사고 실천요소	구성요소
1	현실문제와 컴퓨팅 연결하기	CC-1) 컴퓨터를 이용하여 정보를 탐색하고 현실문제와의 관련성 도모하기
		CC-2) 현실문제와 관련된 지식 및 통찰력을 위해 컴퓨터를 이용하여 정보처리하기
		CC-3) 풀어야 할 문제를 어느 정도 가능성 있는 알고리즘 과정으로 연계하여 해결하기
2	컴퓨팅 산출물을 개발하기 위한 도구나 컴퓨터 사용하기	DCA-1) 산출물을 위한 컴퓨팅 도구와 기술/프로그램 사용하기
		DCA-2) 컴퓨터를 실행할 수 있는 알고리즘/프로그램 개발하기
3	추상화 (정보와 자료들이 어떻게 표상화 되는지 설명하기)	Abs-1) 문제구체화를 위한 추상화 개발하기
		Abs-2) 자료 표상화를 위해 구체적으로 기술하기
		Abs-3) 지식과 정보를 발견하거나 탐구하기 위해 빅데이터 자료를 사용하기
		Abs-4) 컴퓨팅 실천을 위해 추상화의 여러(다양한) 단계 사용하기
		Abs-5) 알고리즘을 이용하여 프로그램을 실행하는 과정에서 추상화 사용하기
4	컴퓨팅 실천과정 및 산출물 분석하고 평가하기	APA-1) 프로그램을 만들기 전에 먼저 고려해야할 조건 분석하기
		APA-2) 설계한 알고리즘이 개발된 프로그램에서 제대로 적용되어 있는지 직접 실행하면서 구체적으로 평가하기
		APA-3) 프로그램이 고칠 부분이나 잘못된 부분이 있는지 평가하기
		APA-4) 프로그램에서 수학적이고 논리적인 개념들이 적절하게 적용되었는지 평가하기
		APA-5) 인터넷으로 다운받은 프로그램의 특징을 파악하고, 문제해결에 적절한 도구인지 분석하기 (프로그램의 타당성 분석)
		APA-6) 컴퓨팅 실천(사고)에 의사소통, 상호작용, 인지작용이 나타나는지 확인하기
		APA-7) 컴퓨팅 실천(사고)과정 중에서 좋은 점과 나쁜 점 분석하기
5	의사소통하고 협력하기	Co-Co-1) 정보처리를 위해 컴퓨터 프로그램을 사용하여 얻는 지식과 통찰력에 대해 의사소통하기
		Co-Co-2) 모둠별로 협력하여 알고리즘(일련의 과정) 개발하기
		Co-Co-3) 시뮬레이션이나 인터넷으로 다운받은 프로그램의 특징에 대해 의사소통하기
		Co-Co-4) 개발된 프로그램이 다른 분야로 혁신(적용)의 가능성에 대해 의사소통하기
		Co-Co-5) 경제적이고 사회적이고 문화적인 맥락에서 프로그램을 연결할 수 있는지 의사소통하기
		Co-Co-6) 프로그래밍을 사용하면서 문제를 풀기 위해 협력하기

이처럼 컴퓨팅 사고와 과학교과의 연계 중요성에 대하여 강조하고 있지만 여전히 과학교육 현장에서는 제시된 탐구활동들이 전통적 탐구의 형태가 강조되고 ‘수학 및 컴퓨팅 사고 활용하기’ 등과 같은 최근 과학계에 나타나는 탐구요소는 거의 나타나있지 않으므로(강남화와 이은미, 2013), 컴퓨팅 사고 역량 교육을 위해서는 다양한 수업 모델 및 평가 척도 등이 개발되어야 하며, 교육 현장에서 쉽게 이용할 수 있도록 경험 있는 선도 교사들의 수업 성공 사례들에 대한 공유 및 교사 연수 시 컴퓨팅 사고의 개념 소개가 활발하게 이루어져야 한다고 제언하였다(박영신과 황진경, 2017; 최속영, 2011; 2016;).

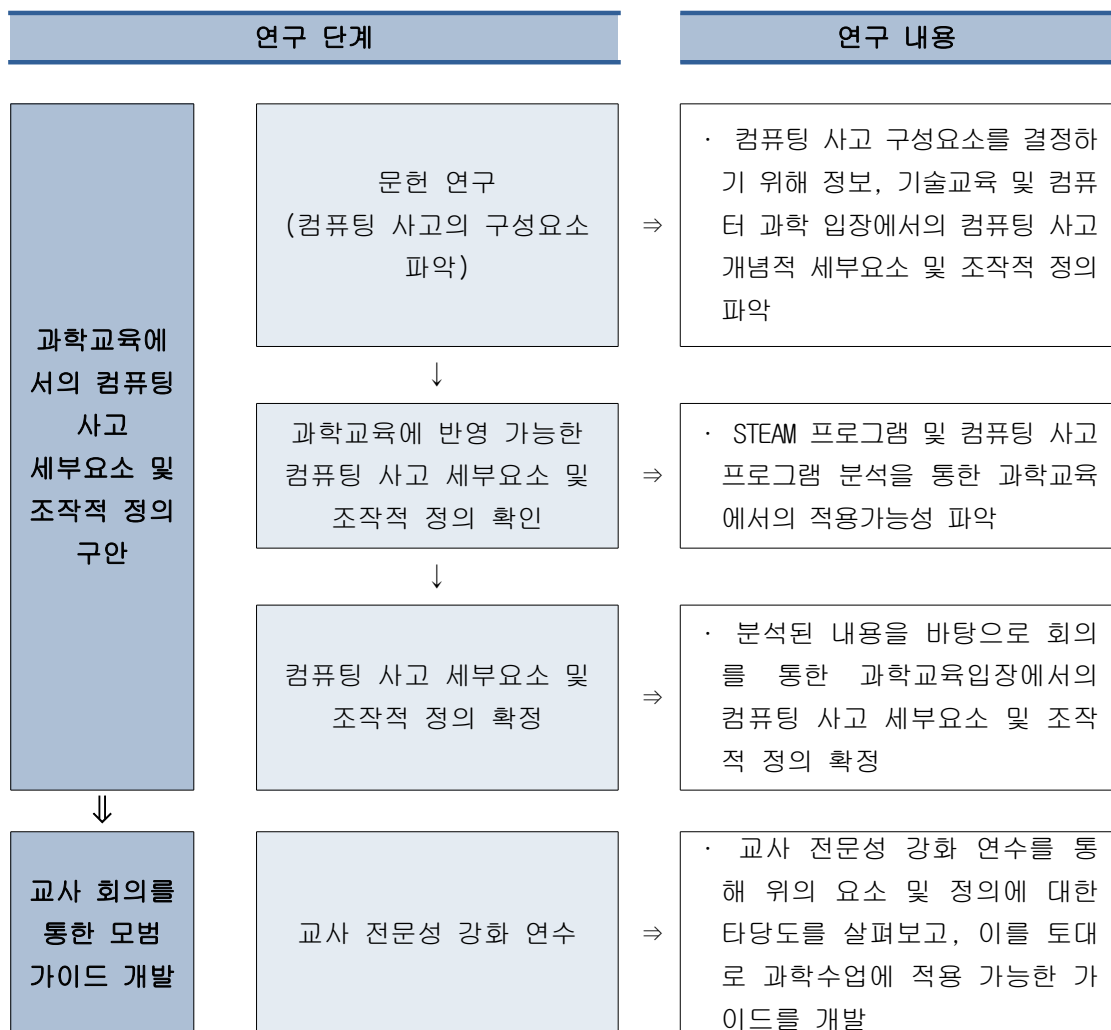
따라서 본 연구에서는 다음과 같은 연구문제를 제기하고자 한다.

- (1) 과학교육 입장에서 컴퓨팅 사고의 요소에 대한 세부내용 및 조작적 정의는 무엇인가?
- (2) 위의 세부내용 및 조작적 정의에 대한 교사들의 인식은 무엇이며 이를 토대로 과학교육프로그램과 과학교육에 적용 가능한 가이드라인은 무엇인가?

III. 연구방법

본 연구는 과학교육입장에서 컴퓨팅 사고 개념적 요소의 세부요소와 조작적 정의를 구안하기 위하여 먼저 문헌연구를 토대로 1차 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의를 구안한 후 과학교육프로그램에 적용하여 적용가능성을 탐색하였다. 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의의 타당도를 구축하기 위하여 교사 전문성 강화 연수를 진행하였으며 모범 가이드를 개발하였다.

표 6. 연구 방법 설계



A. 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의 구안

본 장에서는 조작적 정의 단계에서는 정보, 기술교육 및 컴퓨터 과학 입장에서의 컴퓨팅 사고의 개념적 요소에 관한 문헌 조사 및 과학교육전문가 3인으로 구성된 전문가들의 협의를 통하여 1차 컴퓨팅 사고 세부요소와 조작적 정의를 선정하고자한다. 이후, 세부요소 및 정의가 과학 관련 STEAM 프로그램 및 컴퓨팅 사고 프로그램에 나타났는지 분석을 통하여 알아보았다.

1. 컴퓨팅 사고 개념적 요소에 대한 문헌연구

과학교육입장에서의 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의를 구안하기 위해 국내외 연구문헌을 조사한 후 과학교육전문가와 협의를 통하여 문헌을 선정하고 1차적으로 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의를 구안하였다. 분석 내용을 바탕으로 과학교육전문가회의를 통하여 최종적으로 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 세부요소와 조작적 정의를 구안하였다.

2. STEAM 프로그램 및 컴퓨팅 사고 프로그램 분석

1차로 세부요소 및 조작적 정의를 구안하기 위해 참고한 연구문헌들은 정보, 기술교육 및 컴퓨터 과학 입장에서 기술된 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의이다. 따라서 1차로 구안된 세부요소 및 조작적 정의가 과학을 주제로 한 STEAM 프로그램에서 파악 가능한지 알아보기 위하여 STEAM 프로그램을 선정하여 분석하였다.

연구대상

STEAM 프로그램은 ‘기후 변화’와 ‘물 부족’ 프로그램(한국과학창의재단, 2012)으로 연구자의 전공과 밀접한 프로그램으로 선정하였다. ‘기후 변화’와 ‘물 부족’ 프로그램은 학년별로 초등학교 3-4학년용, 초등학교 5-6학년용, 중학생용, 고등학생용으로 나뉘어 있으며 컴퓨팅 사고 요소가 수준별로 다르게 나타난다는 점을 바탕으로 8개의 프로그램을 모두 분석하였다.

표 7. ‘기후 변화’와 ‘물 부족’ STEAM 프로그램

프로그램	대상	차시	프로그램 주제
기후 변화	초 3-4학년	6차시	기후변화를 추적하라!
	초 5-6학년	6차시	기후변화의 주요 원인들의 작동 과정 이해
	중학생	10차시	미세조류를 활용한 이산화탄소 감축 프로젝트
	고등학생	10차시	이산화탄소를 줄일 수 있을까요?
물 부족	초 3-4학년	6차시	필요한 곳에 물을 잘 쓰기 위해서는요!!
	초 5-6학년	6차시	물은 왜 부족해질까요?
	중학생	10차시	물 부족을 해결하는 다양한 방법
	고등학생	10차시	도시의 물 관리

자료수집 및 분석

STEAM 프로그램은 교사용, 학생용으로 나누어져 있으며 연구자는 교사용에 나타난 차시별 상세계획안의 교수학습과정안, 수업자료 및 활동지를 분석하였다.

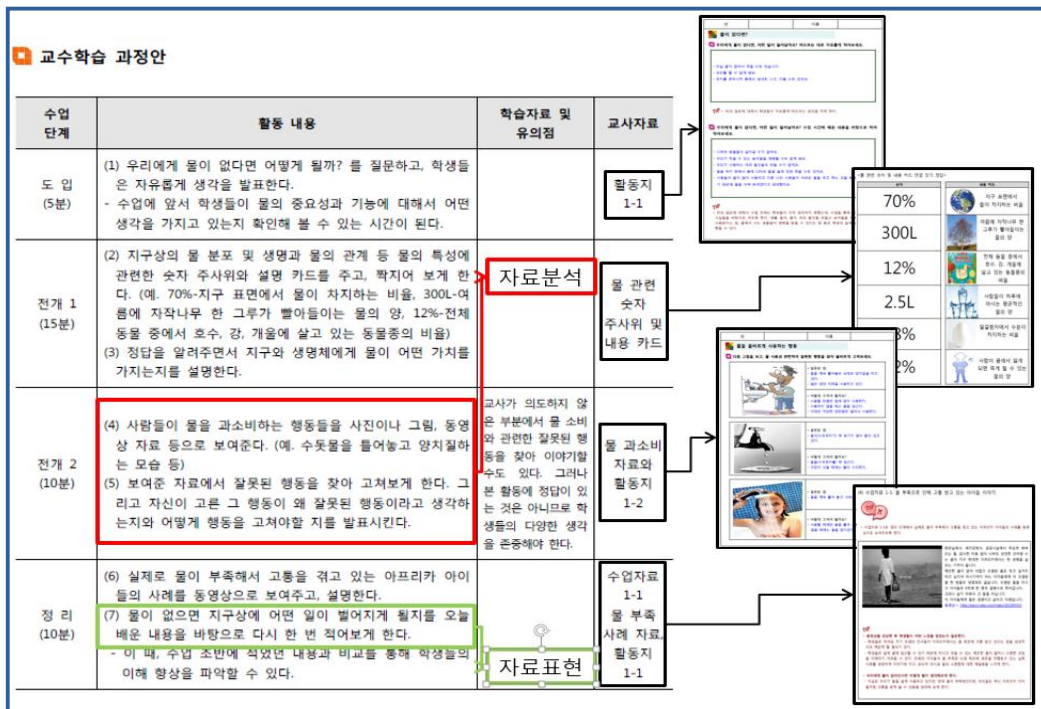


그림 4. ‘물 부족’ 초 3-4학년 STEAM 프로그램 1차시 컴퓨팅 사고 분석 예시

앞서 STEAM 프로그램에서 나타난 결과가 컴퓨팅 사고 프로그램에서도 유사하게 나타나는지 확인해보고 타당도를 높이기 위하여 연구자는 초등 과학을 주제 개발된 컴퓨팅 사고 프로그램 9가지 중 하나를 선택하여 수업 과정안과 학습지 분석을 통하여 프로그램에 나타난 컴퓨팅 사고 세부 요소를 파악하였다.

연구대상

컴퓨팅 사고 교수 학습 자료집 중 학습자가 컴퓨터가 많은 문제를 해결하고 시스템을 시각화하는 데 도움을 줄 수 있는 많은 방법을 갖고 있음을 인식할 수 있으며, 실생활이나 학문 분야의 문제 해결에 활용할 수 있는 상황이 제시되고, 학습자 스스로가 문제 해결 방안을 구상하고 이를 컴퓨팅 시스템이 이해할 수 있는 방법으로 표현함으로써 문제해결을 할 수 있도록 구성된 프로그램(한국과학창의재단, 2014)을 선정하였다. 선정된 프로그램은 초등학생 6학년을 대상으로 6차시로 구성된 ‘콜레라에서 감기까지’로 문헌연구를 바탕으로 1차 정의된 컴퓨팅 사고 9가지 요소를 바탕으로 분석하였다.

자료 수집 및 분석


분석한 결과를 차시별로 나누어 각 차시에 나타난 컴퓨팅 사고 요소를 체크리스트로 만들어 표시하고, 프로그램의 교수학습과정안, 수업자료, 활동지에서 내용을 분석하여 정리하였다. 분석방법은 그림 3과 같다. 교수학습과정안을 먼저 살펴보고 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의와 관련된 부분을 찾아 표시한다. 이 후 수업자료와 활동지를 비교하여 내용을 파악하고 체크리스트에 정리하였다.

활동주제	콘스노 교편에 빠지다		
활동장소	일안교 일(9-4)	채시	1/6
준비물	프린터(3대), 콘스노 웹 사이트 파일(300), ArcGIS Online(영어판), 활동지		
활동목적	예시된 비구조 데이터에서 의미있는 데이터를 추출하여 분석한다. 추출된 데이터를 시각화하여 문제를 해결하여 본다.		
학습단계	교수 학습 활동	자료	시간 (분)
도입	<ul style="list-style-type: none"> 백사옥(1854년) 유래와 문제 발견하기 - 문제 : 청동 제조공회의 필요가 없다. 동양병 발생 - 일족 : 불쾌와 대응행위로 사망자 출몰 	<ul style="list-style-type: none"> 시정 1.2 시정 9.9 5' 	5'
자료수집	<ul style="list-style-type: none"> 예시된 비구조 데이터(콘스노 웹에서 데이터 추출하기) 콘스노 웹에서 '백사옥' 키워드로 검색하여 '백사옥' 관련 데이터를 수집한다 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 	<ul style="list-style-type: none"> 콘스노 웹 백사옥 백사옥 	5'
자료분석	<ul style="list-style-type: none"> 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 	<ul style="list-style-type: none"> 콘스노 웹 백사옥 백사옥 	5'
자료표현	<ul style="list-style-type: none"> 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 백사옥 관련 데이터를 ArcGIS Online에 업로드하여 지도에 표시한다 	<ul style="list-style-type: none"> 콘스노 웹 백사옥 백사옥 	5'

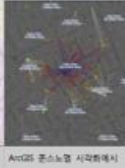
자료수집

자료분석

자료표현



ArcGIS 콘스노 웹 변환



ArcGIS 콘스노 웹 시각화

- 발견된 패턴에 의한 문제해결 방안 필요하기(포도병)
- 시각화된 패턴 속에서 콘스노 웹에서 어떤 정보를 내보낼지
- 오동과 의견을 경계서 정보
- 포도병 발생에 대한 포도과 역사학 콘스노 웹에서 경계서 정보에 대해 알아보기

- 백문 내용 정리하기
- 다음 차시 준비할 내용 알아보기
- 다음 차시 학습 주제 알아보기
- 산학연에 대한 조사 주제(A4 1/2페이지 이내)

지도 사
유리사항

- 장래 시간에 프린터 출력 방법 및 ArcGIS 사이트 기본 메뉴를 미리 익혀 두어 수업에 활용하도록 한다.
- 추출 데이터 시각화 활동 시 보다 창의적인 행위를 갖도록 유도하여야 한다.

그림 5. ‘콜레라에서 감기까지’ 1차시 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시

프로그램 분석을 바탕으로 전문가 회의를 통하여 컴퓨팅 사고 9가지 요소의 세부 내용 및 조작적 정의에 대한 내용이 차세대 과학교육 표본(NGSS) 과학과 실천 컴퓨팅 사고의 정의와의 유사점이 있다고 판단되어 차세대 과학교육 표본(NGSS)의 교육과정을 참고하여 체크리스트 작성 한 후, 비교를 통해 초, 중, 고에서 컴퓨팅 사고를 어떻게 나타내고 있는지 살펴보았다.

표 8. 차세대 과학교육 표준(NGSS) 컴퓨팅 사고 요소 분석 표

	K-2학년 K	3-5학년 E	6-8학년 M	9-12학년 H
1	정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것을 언제 사용할지 결정 K - 1	제안된 사물 또는 도구가 성공 준거에 맞는지 확인하기 위하여 정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것이 적합한지 결정 E - 1		
2	숫자로 세는 법을 사용하여 자연계 및 인공 세계에서 나타나는 규칙성 확인 및 기술 K - 2	간단한 자료를 정리하여 관계의 규칙성 표현 E - 2	디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성과 경향 분석 M - 2	현상, 설계된 도구, 과정 또는 시스템에 대하여 컴퓨팅적 모델이나 시뮬레이션 만들고 수정 H - 2
3	여러 가지 물체의 정량적 특성을 기술, 측정하고 비교하여 간단한 그래프 자료로 표현 K - 3	물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제 다룸 E - 3	수학적 표상을 사용하여 과학적 결론이나 공학적 해결책을 기술하고 뒷받침 M - 3	현상이나 설계안에 대한 수학적, 컴퓨팅적, 알고리즘적 표상을 사용하여 주장, 설명을 기술하거나 뒷받침 H - 3
4	정량적 자료를 사용하여 문제에 대한 두 가지 대안적 해결책을 비교 K - 4	간단한 알고리즘에 따르는 그래프, 차트를 만들어 공학 문제의 대안적 해결책 비교 E - 4	1. 알고리즘을 만들어 문제 해결 M - 4 - 1 2. 과학적 질문과 공학적 문제에 수학 개념 및 과정 적용 M - 4 - 2 3. 디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 해결책 검증 및 비교 M - 4 - 3	1. 대수, 함수 기법을 사용하여 수학, 공학적 문제를 표현하고 해결 H - 4 - 1 2. 간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그램, 알고리즘 또는 시뮬레이션을 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인 H - 4 - 2 3. 유도된 단위, 복합단위를 활용 복잡한 측정 문제 상황에서 단위 변화 H - 4 - 3

(* K-2학년은 Kindergarten-2에 첫 자를 따서 K, 3-5학년은 Elementary에 첫 자를 따서 E, 6-8학년은 Middle에 첫 자를 따서 M, 9-12학년은 High에 첫 자를 따서 H로 코딩화 하였다. 뒤의 번호는 NGSS에 나온 표의 순서대로 번호를 매겼다.)

위의 표 8(NGSS_CT)를 이용하여 “콜레라에서 감기까지” 의 교수학습과정안을 먼저 살펴보고 관련된 부분을 찾아 표시한다. 이 후 수업자료와 활동지를 비교하여 내용을 파악하여 체크리스트에 정리하였다.


활동주제	온 스노 교편에 빠지다		
활동장소	일반교실(6~4)	차시	1/총
준비물	프린터(2대), 온스노맵 이미지 파일(PDF), ArcGIS Online(웹자원), 활동지1		
활동목표	제시된 비구조 데이터를에서 의미있는 데이터를 추출하여 분석한다. 추출된 데이터를 시각화하여 문제를 해결하여 분석한다.		
학습단계	교수 학습 활동	자료	시간 (분)
도입	<ul style="list-style-type: none"> 백사육(1854년) 콜레라 문제 발견하기 - 문제 : 청춘 세도정치의 필요가 없다. 통일명 창설 - 영웅 : 콜레라 대응책으로 사망자 축소 	<ul style="list-style-type: none"> -사실 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122,123,124,125,126,127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,164,165,166,167,168,169,170,171,172,173,174,175,176,177,178,179,180,181,182,183,184,185,186,187,188,189,190,191,192,193,194,195,196,197,198,199,200,201,202,203,204,205,206,207,208,209,210,211,212,213,214,215,216,217,218,219,220,221,222,223,224,225,226,227,228,229,230,231,232,233,234,235,236,237,238,239,240,241,242,243,244,245,246,247,248,249,250,251,252,253,254,255,256,257,258,259,260,261,262,263,264,265,266,267,268,269,270,271,272,273,274,275,276,277,278,279,280,281,282,283,284,285,286,287,288,289,290,291,292,293,294,295,296,297,298,299,300,301,302,303,304,305,306,307,308,309,310,311,312,313,314,315,316,317,318,319,320,321,322,323,324,325,326,327,328,329,330,331,332,333,334,335,336,337,338,339,340,341,342,343,344,345,346,347,348,349,350,351,352,353,354,355,356,357,358,359,360,361,362,363,364,365,366,367,368,369,370,371,372,373,374,375,376,377,378,379,380,381,382,383,384,385,386,387,388,389,390,391,392,393,394,395,396,397,398,399,400,401,402,403,404,405,406,407,408,409,410,411,412,413,414,415,416,417,418,419,420,421,422,423,424,425,426,427,428,429,430,431,432,433,434,435,436,437,438,439,440,441,442,443,444,445,446,447,448,449,450,451,452,453,454,455,456,457,458,459,460,461,462,463,464,465,466,467,468,469,470,471,472,473,474,475,476,477,478,479,480,481,482,483,484,485,486,487,488,489,490,491,492,493,494,495,496,497,498,499,500,501,502,503,504,505,506,507,508,509,510,511,512,513,514,515,516,517,518,519,520,521,522,523,524,525,526,527,528,529,530,531,532,533,534,535,536,537,538,539,540,541,542,543,544,545,546,547,548,549,550,551,552,553,554,555,556,557,558,559,560,561,562,563,564,565,566,567,568,569,570,571,572,573,574,575,576,577,578,579,580,581,582,583,584,585,586,587,588,589,590,591,592,593,594,595,596,597,598,599,600,601,602,603,604,605,606,607,608,609,610,611,612,613,614,615,616,617,618,619,620,621,622,623,624,625,626,627,628,629,630,631,632,633,634,635,636,637,638,639,640,641,642,643,644,645,646,647,648,649,650,651,652,653,654,655,656,657,658,659,660,661,662,663,664,665,666,667,668,669,670,671,672,673,674,675,676,677,678,679,680,681,682,683,684,685,686,687,688,689,690,691,692,693,694,695,696,697,698,699,700,701,702,703,704,705,706,707,708,709,710,711,712,713,714,715,716,717,718,719,720,721,722,723,724,725,726,727,728,729,730,731,732,733,734,735,736,737,738,739,740,741,742,743,744,745,746,747,748,749,750,751,752,753,754,755,756,757,758,759,760,761,762,763,764,765,766,767,768,769,770,771,772,773,774,775,776,777,778,779,780,781,782,783,784,785,786,787,788,789,790,791,792,793,794,795,796,797,798,799,800,801,802,803,804,805,806,807,808,809,810,811,812,813,814,815,816,817,818,819,820,821,822,823,824,825,826,827,828,829,830,831,832,833,834,835,836,837,838,839,840,841,842,843,844,845,846,847,848,849,850,851,852,853,854,855,856,857,858,859,860,861,862,863,864,865,866,867,868,869,870,871,872,873,874,875,876,877,878,879,880,881,882,883,884,885,886,887,888,889,890,891,892,893,894,895,896,897,898,899,900,901,902,903,904,905,906,907,908,909,910,911,912,913,914,915,916,917,918,919,920,921,922,923,924,925,926,927,928,929,930,931,932,933,934,935,936,937,938,939,940,941,942,943,944,945,946,947,948,949,950,951,952,953,954,955,956,957,958,959,960,961,962,963,964,965,966,967,968,969,970,971,972,973,974,975,976,977,978,979,980,981,982,983,984,985,986,987,988,989,990,991,992,993,994,995,996,997,998,999,1000 	5'
	<ul style="list-style-type: none"> 제시된 비구조 데이터를에서 의미있는 데이터를 추출하기 - 온스노맵(인접 시대 지도에 표시된 인접시대 콜레라 사망자 위치)업고,공수변과 상수도 영포등 위치(김주원,2017)를 확인 - 확인된 데이터를 어떻게 표현할지 고민해서 도표 - 일정한 데이터 표현방식(색, 표, 도트맵 등)으로 자료추출 	<ul style="list-style-type: none"> -온스노맵 이미지 파일 -활동지1 	
			
<ul style="list-style-type: none"> 새로운 지도(색, 출력법 또는 ArcGIS 등)에 추출 데이터 시각화 하기 - ArcGIS 온스노맵 변환에서 참고하기 - ArcGIS 온스노맵에서 배이스맵 다운로드 인쇄하고 추출된 데이터 시각화 방법 도움받기 - 배이스맵에 일정한 데이터 시각화 방식으로 재설정하기 	<ul style="list-style-type: none"> -ArcGIS온스노맵 변환하기 -온스노맵 배이스맵을 미리 교사가 미리 확인한 것 -온스노맵 다운로드 및 인쇄 -온스노맵에서 데이터 시각화 방법 -온스노맵에서 데이터 시각화 방법 	5'	
<ul style="list-style-type: none"> 배운 내용 정리하기 다음 차시 공부할 내용 알아보기 다음 시간 학습 주제 알아보기 산후발병에 대한 조사 숙제(A4 1/2페이지이내) 			
<ul style="list-style-type: none"> 장제 시간에 프린터 출력 방법 및 ArcGIS 사이트 기본예능을 미리 익혀 두어 수업에 활용하도록 한다. 주출 데이터 시각화 활동 시 보다 창의적인 생각을 갖도록 유도하여야 한다. 			

그림 6. ‘콜레라에서 감기까지’ NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시

문헌조사와 분석내용을 바탕으로 과학교육입장에서의 세부요소와 조작적 정의를 수정·보완하여 확정하였다.

B. 교사 전문성 강화 연수를 통한 모범 가이드 개발

본 장에서는 최종적으로 구안된 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의의 타당도를 살펴보기 위하여 교사 전문성 강화 연수를 진행하였으며, 과학교육프로그램과 과학수업에서 적용 가능한 컴퓨팅 사고 세부요소에 대한 수업 가이드를 개발하였다.

연구대상

교사 회의에 참여한 교사는 현재 초등학교에 근무 중이며 과학을 가르치는 교사로 컴퓨팅 사고 관련 세미나에 1회 이상 참여한 경험이 있는 교사 2인으로 구성되었다. 교사 2인의 특성은 다음과 같다.

표 9. 연구에 참여한 교사

	교육경력	관심분야	특이사항
김교사	20년	교육공학, 수업설계	컴퓨팅 사고 관련 책 집필 중
손교사	18년	STEAM, 지구과학	수석교사

김교사는 경력 20년에 교육공학을 관심분야로 두고 있으며 수업설계 컨설팅을 진행하고 컴퓨팅 사고에 대한 지식이 풍부하고 이와 관련된 책을 집필 중이며, 손교사는 경력 18년에 STEAM을 관심분야로 두고 있으며 지구과학을 전공한 수석교사이다. 본 연구자는 참여관찰자로 교사들과 함께 교사 전문성 강화 연수에 참여하여 모범 가이드를 개발하고 연수 내용을 녹화하여 교사들의 인식 변화를 살펴보았다.

연구방법

교사 연수는 총 4차례, 회당 2시간씩 진행되었다. 연수 내용은 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 정의에 대한 논의, 컴퓨팅 사고 적용 및 세부요소에 관한 적절성 논의, 컴퓨팅 사고 관련 수업 모형 조사, STEAM 프로그램의 컴퓨팅 사고 적용 가능성, 컴퓨팅 사고 프로그램 개발 방향 등에 대한 연수를 진행하였다.

표 10. 주차별 연수 내용

연수 내용	
1주차	과학교육에서의 컴퓨팅 사고 정의, 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 적용, 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 요소, 과학과 연계 컴퓨팅 사고 습득을 위한 학습활동 설계 방안
2주차	컴퓨팅 사고 관련 모형, 컴퓨팅 사고 기반 과학탐구 모형, STEAM 프로그램의 컴퓨팅 사고 적용 가능성
3주차	컴퓨팅 사고 모범 가이드 개발을 위한 논의
4주차	초등과학교육에서 컴퓨팅 사고 적용, 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 필요성, 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 적용 시 유의점

앞서 분석한 내용을 토대로 컴퓨팅 사고에 대한 적용이 단계적으로 이루어져야한다고 판단하여 이에 대한 적용에 관심을 가지고 있는 초등학교 교사와 함께 연수를 진행하였다. 연수의 내용은 컴퓨팅 사고에 관하여 이해하고, 모범 가이드를 개발하기 위한 방향으로 이루어졌다.

IV. 연구 결과

본 장에서는 먼저 기술, 정보 교육과정 및 컴퓨터 과학에서 정의된 다양한 컴퓨팅 사고 요소를 살펴보고, 과학교육 입장에서 작성된 STEAM 프로그램과 컴퓨팅 사고 프로그램 분석을 통하여 과학교육입장에서 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의에 대하여 구안해보고자 한다.

A. 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의 구안

1. 1차 과학교육입장에서의 세부요소와 조작적 정의

먼저, 문헌연구를 통해 제시된 의견을 종합하여 1차로 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의에 대하여 정리하고자 하였다. 문헌연구를 통해 제시된 논문 중 컴퓨팅 사고에 대한 세부요소와 조작적정의를 나와 있는 3가지 자료(한국과학창의재단, 2014; ISTE와 CSTA, 2011; Valerie와 Chris, 2011)를 최종적으로 선별하여 정리하였다.

표 11 . 문헌 자료에 나타난 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의

CT 요소	정의
자료 수집 Data Collection	1. 해결해야 하는 문제와 관련된 알맞은 자료를 모으는 과정 2. The process of gathering appropriate information (적절한 정보를 모으는 과정) 3. Collect data from an experiment (실험으로부터 데이터 수집하기)
자료 분석 Data Analysis	1. 자료를 이해하고, 패턴을 찾아 결론을 도출 2. Making sense of data, finding patterns, and drawing conclusions (자료 이해하기, 패턴 찾기, 결론짓기) 3. Analyze data from an experiment (실험으로부터 나온 데이터 분석하기)
자료 표현 Data Representation	1. 적절한 그래프, 차트, 글, 그림 등으로 자료를 정리 2. Depicting and organizing data in appropriate graphs, charts, words, or images (적절한 그래프, 차트, 언어 또는 이미지의 데이터를 선택하고 구성하기) 3. Summarize data from an experiment (실험으로부터 나온 데이터 요약하기)

<p>문제 분해 Problem Decomposition</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 문제를 해결 가능한 수준의 작은 문제로 나누기 2. Breaking down tasks into smaller, manageable parts (관리 가능한 부분으로 더 작게 나누기) 3. Do a species classification (종을 분류하기)
<p>추상화 Abstraction</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 문제 해결을 위해 반드시 필요한 핵심 요소를 파악하고, 복잡함을 단순화. 2. Reducing complexity to define main idea (핵심 요소를 파악하기 위해서 복잡함 줄이기) 3. Build a model of a physical entity (물리적 실체의 모델 만들기)
<p>알고리즘 & 절차 Algorithms & Procedures</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 문제를 해결하거나 어떤 목표를 달성하기 위해 수행되는 일련의 단계 2. Series of ordered steps taken to solve a problem or achieve some end (문제를 해결하거나 어떤 목표를 달성하기 위해 선택한 일련의 순서 있는 단계) 3. Do an experimental procedure (실험 절차 수행)
<p>자동화 Automation</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 컴퓨팅 시스템이 수행할 수 있는 형태로 해결책 나타내기 2. Having computers or machines do repetitive or tedious tasks (컴퓨터나 기계가 반복적이거나 지루한 작업을 하게 하는 것) 3. Use probeware (프로브웨어 : 컴퓨터 활용 과학탐구도구 사용하기)
<p>시뮬레이션 Simulation</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 자동화의 결과이며, 문제를 해결하기 위하여 만든 모델을 실행시켜 결과 파악하기 2. Representation or model of a process. Simulation also involves running experiments using models. (표현 또는 모델화의 과정. 시뮬레이션 또한 모델을 사용한 실험을 작동시키는 것을 포함) 3. Simulate movement of the solar system (태양계의 움직임을 시뮬레이션하기)
<p>병렬화 Parallelization</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 목표를 달성하기 위한 작업을 동시에 수행하도록 자원을 구성 2. Organize resources to simultaneously carry out tasks to reach a common goal. (공동 목표에 도달하기 위해 작업을 동시해 수행할 수 있는 리소스 구성) 3. Simultaneously run experiments with different parameters (다른 매개 변수를 사용하여 동시에 실험 실행하기)

연구자는 정리한 세부요소와 조작적 정의를 분석한 뒤, 전문가의 회의를 통하여 1차적으로 세부요소와 조작적 정의를 토대로 컴퓨팅 사고 분석틀을 구안하였다.

표 12 . 1차적으로 구안한 과학교육관점 컴퓨팅 사고 분석틀 (이하, CT_SciEdu 1)

CT 세부 요소	조작적 정의
자료수집	문제를 해결하기 위하여 <u>실험, 검색 등을 통하여</u> 관련된 자료를 모으는 과정
자료분석	자료를 분석하여 이해하고, 패턴을 찾아 결론을 도출하기
자료표현	자료를 정리하여 그래프, 차트, 글, 그림 등으로 <u>데이터를 요약하거나 조직화하기</u>
문제분해	문제를 해결 가능한 수준으로 작게 나누기
추상화	문제 해결을 위해 핵심요소를 파악하고 복잡함을 단순화하기
알고리즘과 절차화	문제를 해결하거나 어떤 목표를 달성하기 위해 선택한 일련의 순서
자동화	컴퓨팅이 수행할 수 있는 형태로 해결책 나타내어 <u>컴퓨터가 지루한 작업을 하게 하는 것</u>
시뮬레이션	문제를 해결하기 위해 만든 시뮬레이션 또는 모델 실행시키기
병렬화	공동의 목표를 달성하기 위해 <u>다른 매개 변수를 사용하여</u> 작업을 동시에 수행하는 것

1차적으로 구안한 과학교육관점 컴퓨팅 사고 분석틀은 ISTE와 CSTA(2011)에서 제시한 9가지 요소를 바탕으로 Valerie와 Chirs(2011)과 한국과학창의재단(2014)를 바탕으로 전문가 회의를 통하여 구안하였다. 과학교육관점에서 자료수집요소에 실험, 검색 등 과학 수업에서 일어나는 자료수집 방법을 추가하였으며, 자료표현은 데이터를 요약하거나 조직화하기로 구체화 하였으며, 자동화는 컴퓨팅에 대한 부분을 추가하고 과학에서의 병렬화 요소는 변수를 달리하여 실험을 수행하거나 산출물을 만드는 과정 속에서 나타난다고 보고 다른 매개 변수를 사용하여 작업을 동시에 수행하는 것으로 정의를 구안하였다.

2. 프로그램 분석을 통한 세부요소 및 조작적정의의 타당성 구축

문헌 연구를 통해 정리한 컴퓨팅 사고 세부 요소 및 조작적 정의를 토대로 만들어진 분석틀 (CT_SciEdu)를 이용하여 과학을 주제로 한 STEAM 프로그램 및 컴퓨팅 사고 프로그램에 나타난 컴퓨팅 사고 세부 요소 및 조작적 정의를 살펴보았다. 분석된 내용을 바탕으로 과학교육입장에서의 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의의 타당성을 구축하고, 이에 대한 가이드라인을 제시하였다.

STEAM프로그램의 초·중·고 수준에 따른 컴퓨팅 사고 특징 및 제한

세부요소와 조작적 정의가 과학교육에서 적용가능한지를 알아보기 위하여 과학을 주제로 한 STEAM프로그램을 분석하였다(그림 7). STEAM프로그램은 ‘기후 변화’와 ‘물 부족’ 두 프로그램을 학년별, 차시별 분류하였으며 분석결과는 다음과 같다(표 19).

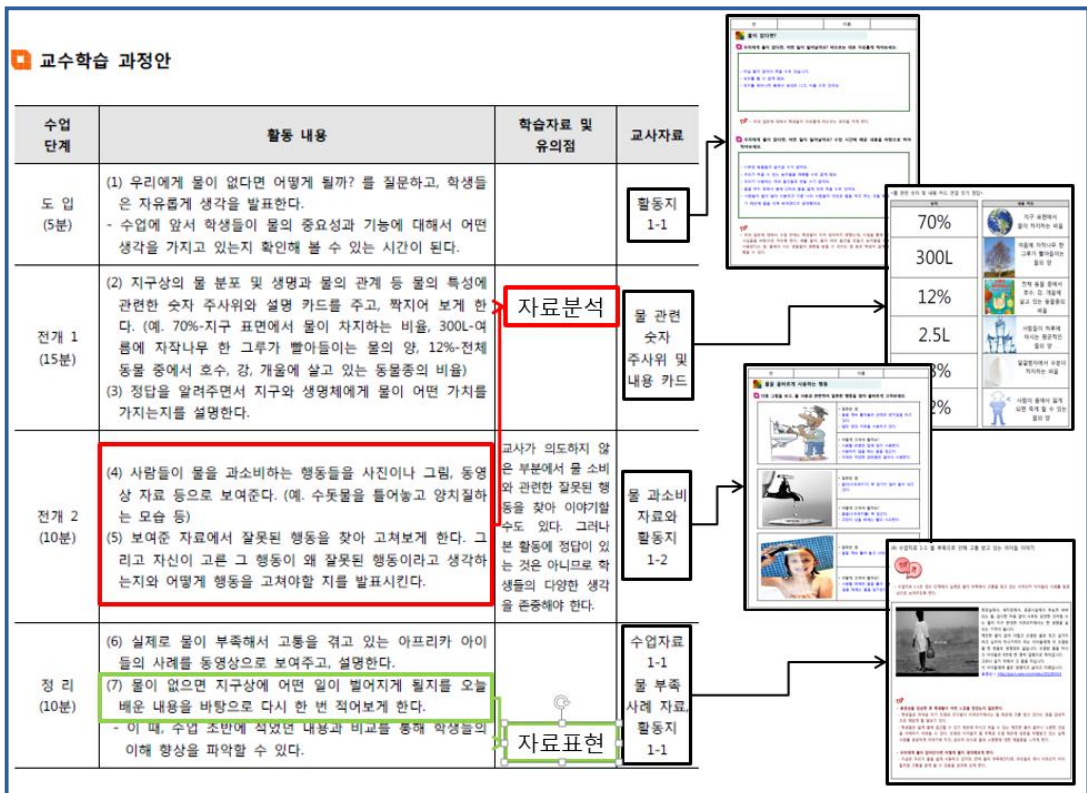


그림 7. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 초 3-4학년 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

초등학교 3-4학년 ‘기후 변화’, ‘물 부족’ STEAM 프로그램 분석 결과

(1) 기후변화가 무엇일까요?

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 기후 변화가 조려한 특이한 기상 현상의 동영상상을 보여준다. (뉴스 동영상 또는 자연 다크 영상) 동영상에서 들은 새로운 낱말을 발표하게 한다.	동영상 1편은 수업자료에 표시된 시간을 보고 적당히 끊어서 보여준다.	수업자료 1-1
전개 (25분)	(2) 기후 변화와 관련된 신문 기사 인쇄물 2종을 조별로 나누어 준 뒤, 가장 많이 나온 낱말 다섯 가지를 선정하게 한다. (“기후 변화”라는 낱말이 많이 선택되는 신문 기사 준비가 중요) (신문 기사의 낱말 찾기가 먼저 끝난 조에게는 동영상상을 조절하여 볼 수 있는 태블릿 PC나 스마트폰, 또는 랩탑/ 데스크 탑을 주어 동영상에서 많이 나온 낱말의 다섯 가지를 찾게 한다.) - 조별로 낱말 찾기 활동이 끝나면, 어떤 주제의 기사였고, 가장 많이 나온 낱말은 무엇인지 조별로 발표한다. 기사에서 다른 현상은 기후 변화가 원인임을 알려준다. - 여기서 “기후”는 무엇일까요? 기후가 무엇인지 자기 생각을 발표해 보게 한다. (학생들이 날씨와 기후를 혼동할 수 있음. 학생들의 생각을 노출시키는 것이 이 단계에서 중요함) - 그러면 기후가 변한다는 것은 무엇이라고 생각하나요? (학생들에게 자신의 생각을 발표하게 한다)	기후 변화와 관련된 신문기사 2종의 인쇄물을 미리 준비하여 각 조별로 나누어준다. 태블릿, 스마트폰, 랩탑에 동영상 준비	활동지 1-1
정리 (5분)	(3) 기후란 말의 뜻이 무엇일까요? 또 기후가 변한다면 도대체 무엇이 어떻게 변하는 것일까요? - 위의 두 문제를 학생들이 인식하게 한다. - (학생들이 활동과 발표를 통해 궁금증을 갖게 하는 것이 중요함)	자료표현	활동지 1-2

그림 8. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 초 3-4학년 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

기후변화 초등 3-4학년용 프로그램은 총 6차시로 기후변화의 증거를 추적하고 그 영향을 이해하기라는 주제로 구성되어 있다. 1차시는 기후변화에 대한 상황을 인식하는 단계로 기후 변화 이슈 사례를 제시하여 이에 관한 기후변화 용어를 찾아보고 기후변화의 문제 발견 및 문제의 의미를 인식하는 수업으로 구성되어있다. 이 과정 속에서 제시된 자료를 분석하고 발견한 문제를 재 표현하는 단계가 포함되어있어 자료분석, 자료표현 요소가 두드러지게 나타난다. 2차시는 기후 변화에 대한 의미를 파악하기 위하여 날씨와 기후의 차이를 조별활동을 통하여 인식하고, 우리나라 기후의 특징에 대한 자료표현과정 체험하고 기후 변화를 확인하기 위하여 과학자처럼 생각해보는 과정의 수업이 이루어진다. 날씨와 기후의 차이를 파악하기 위한 자료수집과 빈도수를 계산하고 평균값을 계산하여 다른 표현 방법으로 시도하는 과정에서 자료분석, 자료표현 요소가 나타나며, 날씨 문장, 기후 문장 분류하기 활동과정에서 활동의 문제를 해결하

기 위한 과정 속에서 문제분해와 추상화 요소가 나타나는 것을 확인하였다. 3-4차시는 기후 변화란 무엇이 변하는 것일까요? 라는 주제로 과거의 날씨뉴스와 최근의 날씨 뉴스를 비교하고, 계절이 시작하는 날짜와 계절의 지속시간, 특정 농작물의 지배 지역 변화/ 특정어종의 어획량, 10년간 월별 강수량 자료 비교하는 활동이 전개된다. 비교 자료를 탐색하는 과정에서 자료수집요소가 두드러지며, 이를 분석하여 비교하는 활동에서 자료분석, 자료표현 요소가 나타나며, 미래를 예측하기 위해서 미래예측에 필요한 요소가 나타나도록 작게 문제를 분해하고 핵심요소를 파악하는 문제분해와 추상화 요소가 나타난다. 5차시에서는 기후변화 재판하기 위하여 자료를 수집하고 분석하여 표현하는 과정이 이루어지며, 6차시에서는 변화하는 기후를 실천 기록장에 작성하는 수업이 이루어진다.

(2) 물은 어디서 올까?

교수학습 과정안

수업 단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 학생들에게 '우리가 사용하는 물은 어디서 오는 걸까?'라는 질문을 던진다. 학생들은 그림으로 수도꼭지에서 물이 나오기까지의 과정을 표현해 보고 발표한다. - 수업에 앞서 학생들이 어떤 생각을 가지고 있는지 확인해 볼 수 있는 시간이 된다. - 이 때 중요하게 확인하고자 하는 것은 상수도 체계가 아니라, 우리가 사용하는 물의 근원에 대한 학생들의 인식을 확인하는 것이다. 예를 들어, 빗물, 강물, 바닷물 등 지구상의 물 존재 형태에 대한 학생들의 인식을 파악해 볼 수 있다.		활동지 2-1
전개 1 (5분)	(2) 지하수, 빗물, 바다, 하천, 빙하, 생물체가 물 마시는 모습 등을 사진으로 보여주며, 지구상의 물 순환 시스템 내에서 물은 매우 다양한 형태로 존재함을 설명한다.		수업자료 2-1
전개 2 (20분)	(3) 지구상에 분포하는 다양한 형태의 물 비율을 게임으로 체험한다. - 이 때 학생 수준을 고려해 모든 형태의 물 비율을 다 계산할 수는 없고, 바다(97%), 빙하(2.4%), 담수(0.6%)로 단순화시켜서 활동한다. ① 지구상의 물 분포 비율을 반영하여 만들어진 물 분포 돌림판을 제작한다. ② 돌림판을 돌려 게임을 10회 수행한 뒤, 포인터가 가리킨 물의 형태를 확률로 계산해 본다.	수업자료 2-2의 돌림판 생물을 가지고 교사가 돌림판을 제작해도 좋고, 시간과 여건이 허락하는 경우는 학생들이 돌림판을 제작하는 활동을 직접 하게 해도 좋다.	활동지 2-2, 돌림판
정리 (5분)	(4) 지구상에 분포하고 있는 물중에서 인간이 마시거나 사용할 수 있는 물은 '담수'이다. 담수 형태의 물은 전체 비율 중 지극히 일부(0.6%)임을 설명한다. 이 때, 돌림 게임의 결과, 담수가 나온 횟수가 적었던 것으로 인간이 이용가능한 수자원이 적다는 것을 이해시킬 수 있다. (5) 지구상에 존재하는 물중에 이용가능한 물은 적기 때문에 그 물을 잘 이용하기 위해서는 물을 저장하는 것이 필요하다는 점을 설명한다. (6) 다음 시간에 물을 저장하는 다양한 방법에 대해 배울 것임을 예고한다.	자료분석 자료표현	

그림 9. '물 부족' STEAM 프로그램 초 3-4학년 2차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

물 부족 초등 3-4학년용 프로그램도 6차시로 물 소비와 물 저장이라는 주제로 구성되어 있다. 1차시는 지구상의 물 분포, 생명과 물의 관계, 일상 속 물의 쓰임새에 대

하여 설명하고 물 과소비 행태를 살펴보고 물이 없다면 어떤 일이 일어날지 상상하고, 실제로 물 부족으로 고통 받는 아프리카 아이들을 사례로 소개하였다. 물의 과소비에 대한 자료를 분석하고 잘못된 행동을 생각하여 고칠 점을 발표하는 활동에서 문제분해와 자료표현이 동시에 나타난다. 2차시는 지구상에 분포하는 다양한 물의 비율을 알아보는 과정에서 자료 분석 요소가 나타난다. 3차시는 다양한 형태로 저장된 물에 대하여 각자가 전문가가 되어 자료를 수집하고 수집한 자료를 분석하여 다른 조원들에게 설명하는 활동을 진행하게 되며 자료수집, 자료분석, 자료표현 요소가 나타난다. 4차시에서는 빗물 저금통 만들기 활동을 진행한다. 우리가 일상생활에서 실천하기 가장 쉬운 방법이 빗물을 저장하는 것임을 인지하고 빗물저금통 키트를 만든다. 완성된 빗물을 어떻게 활용할 것인가에 대한 아이디어를 정리하여 발표하는 과정에서 문제 분해와 자료표현 요소가 동시에 나타난다. 5차시 일기 쓰기과 앱 활동을 통해 자신의 물 소비 생활을 모니터링 하는 활동을 진행한다. 자신의 물 소비 생활을 알아보는 과정에서 자료수집, 자료분석, 자료표현 요소가 나타난다. 6차시에서는 생활 속에서 물 절약을 실천할 수 있는 방법을 모색하고 그 실천을 표현하는 활동이 이루어진다. 이 과정에서 자료표현과 문제분해가 동시에 나타남을 확인하였다.

표 13. STEAM 프로그램 기후변화, 물 부족 초등 3-4학년용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

	기후변화					물 부족					
	1차시	2차시	3-4차시	5차시	6차시	1차시	2차시	3차시	4차시	5차시	6차시
자료수집		○	○	○				○		○	
자료분석	○	○	○	○		○	○	○		○	
자료표현	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
문제분해		○	○			○			○		○
추상화		○	○								
알고리즘과 절차화							○				
자동화											
시뮬레이션									○		
병렬화											

초등학교 5-6학년 ‘기후 변화’, ‘물 부족’ STEAM 프로그램 분석 결과

(3) 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 그 기후는?

☐ 교수학습 과정 안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 북극에서 반사율의 변화가 기후에 영향을 주는 것을 알게 되었는데, 반사율은 무엇이 따라 변하는 것일까? - 반사율이 달라지면 기후는 어떤 영향을 받는 것일까? - 색깔에 따라 반사율이 달라지는 것을 알아내려면 어떤 방법이 좋을까?	학생들이 색에 따른 반사를 대담하도록 유도. 결과보다는 과정을 찾게 함	활동지 3-1
전개 (25분)	(2) 색깔이 다른 풍선에 헬륨 가스를 넣고, 각 풍선에 헬륨풍선 장치를 연결한다. - 이 세트를 이용하여 색깔에 따른 반사율의 변화와 그 영향을 알아보기 위한 공작 활동을 고안해 보자. - 학생들에게 다양한 방법을 생각하고 발표하게 한다. - 예시: 흰 풍선, 초록 풍선, 파란 풍선, 검은 풍선에 각각 헬륨풍선장치를 만들어 연결한 뒤, 풍선에 빛을 쬐인다. - 색깔에 따라 반사되는 에너지 량이 다르므로, 흡수한 양도 달라진다. 흡수한 에너지 량에 따라 풍선 내부의 기체가 팽창하는 정도가 달라진다. 헬륨 가스가 많이 팽창할수록 밀도가 낮아져서 부력이 커진다. 부력이 가장 많이 커진 풍선이 헬륨풍선장치를 상승시킬 수 있을 것이다.	실験의 원리와 방법을 미리 알려주지 않는 것이 중요함. 색깔에 따라 풍선장치가 상승하는 것이 다르다면 왜 그런지 생각해 보게 할 것.	수업자료 3-1 활동지 3-1
정리 (5분)	(3) 지표의 형태에 따라 색깔이 달라지면 반사율이 변한다. - 지표의 반사율이 낮아지면 흡수되는 태양 에너지가 증가하므로 그 지역은 더 더워진다. - 반사율이 기후 변화를 가속화할 수 있음을 알려준다. - 북극의 반사율이 왜 달라졌을까?	지표면의 반사율을 다르게 하는 조건이 다양함을 인식시켜 줄 것	

10) 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

활동지 3-1

1. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

2. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

3. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

4. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

5. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

6. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

7. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

8. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

9. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

10. 활동지 3-1. 지표면의 반사율은 왜 변할까? 그리고 기후는?

그림 10. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 초 5-6학년 3차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

기후변화 초등5-6학년용은 기후변화의 주요 원인들의 작동과정 이해를 주제로 총 6차시로 구성되어있다. 1차시는 기후변화의 양면성을 판단하는 양팔 저울활동과 기후변화의 원인에 대한 탐색 문제를 발견하는 활동으로 구성되어있으며, 부스를 만들어 활동하는 과정에서 자료수집, 자료분석, 자료표현 요소가 동시에 나타남을 확인하였다. 2차시는 북극의 반사율의 변화가 북극의 고온현상을 심화시킬 수 있음을 모형 설계, 시범실험 관찰을 통해 학습한다. 실험을 통하여 학생들은 자료를 수집하고 분석을 통하여 개념을 학습하게 된다. 3차시는 지표면의 반사율이 변할 때 기후 변화에 어떤 영향을 주는지 공학 키트를 통해 기후변화의 원인과 작동 과정을 이해하도록 한다. 학생들은 실험을 통해 자료를 수집하게 되고, 분석을 통하여 지표의 형태에 따라 색깔이 달라지면 반사율이 변한다는 사실을 학습하게 된다. 4차시에서는 열 차단 필름을 이용하여 온실을 만들고 온실효과 실험 모형과 지구의 온실효과를 연결 지어 학습한다. 이

과정속에서 실험을 통해 자료를 수집하고 자료분석 과정이 이루어진다. 5차시에서는 기후 변화의 주요 원인이 지구온난화임을 실험을 통해 이해하고 사례에 대하여 이해하는 과정 속에서 실험을 통한 자료수집으로 개념적 현상을 이해하게 된다. 6차시에서는 지구 온난화로 인한 기후 변화의 현상을 완화하기 위해 우리 생활 중에 온실 기체를 줄이는 것이 중요함을 인식한다. 스마트폰 앱을 통한 자료 수집과 표로 변환하는 과정에서 자료분석 및 자료표현 요소가 나타나있으며 지구 온난화를 완화시킬 수 있는 방안을 토의하는 과정에서 문제분해와 추상화 요소가 나타난다.

(2) 물 순환 비상사태

교수학습 과정안

수업 단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 지난 시간에 모듈별로 그려보았던 물 순환 과정에 대해 상기시킨다. - 간단하게 물 순환의 구성 요소와 순환 과정을 설명한다. (2) 만약 물 순환의 균형이 깨지게 되어 특정 요소가 배제되거나 특정 흐름이 가중된다면, 어떤 일이 벌어지게 될지를 상상해 보게 한다.	지난 시간에 배운 내용을 충분히 상기시키는 과정이 필요하다.	활동지 2-1
전개 (25분)	(3) 물 순환의 균형이 유지되지 않는다면, 어디가 가장 취약할지 생각해 보고 발표하게 한다. (4) 물 순환의 균형을 방해하는 요인 중에 대표적인 것으로 도시화로 인해 토지 이용과 피복의 변화를 설명한다. - 도시화 과정에서 토지 피복이 변화되는 사례 - 토지 피복의 변화로 인해 물 순환에서 인간이 사용할 수 있는 지하수의 흐름이 줄어들게 되는 원리 (5) 도시에서의 물 순환 과정을 그려보게 한다. 그리고 지난 시간에 그려보았던 자연적인 물 순환 과정과 비교해 본다. (6) 물 순환의 균형이 깨지게 되면서 물 부족이 일어나게 되는 과정에 대해 설명한다. - 도시에서는 토지 피복 변화(아스팔트나 콘크리트 등)로 인해 빗물이 토양이나 지하수로 충분히 저장되지 못하고 강으로 유실되는 비율이 높아지게 됨으로써 인간이 이용가능한 자원으로서의 물이 부족해진다.	자연과 관련된 사례, 도시 피복 변화로 인해 유실물이 많아지고, 물 순환에서 강으로 흘러가버리는 양이 지하에 저장되는 양보다 지나치게 많아질 수 있다. 물 순환 자체가 일어나지 않는 게 아니라, 순환에서의 균형이 깨지는 것이다.	수업자료 2-1 활동지 2-2
정리 (5분)	(7) 자연에서 물이 순환되는 것이 얼마나 중요한 일인지, 그리고 물 순환에서 균형이 잘 유지되지 못할 때 물 부족을 겪게 될 수 있다는 점을 이야기한다. (8) 다음 시간을 위한 과제로, '자신이 살고 있는 동네의 토지 이용과 피복이 과거로부터 어떻게 달라졌는지'를 조사해 오게 한다. - 이 때, 조사 방법으로는 문헌이나 자료 조사 뿐 아니라, 부모님이나 조부모님, 지역의 어른들로부터 변화에 대한 이야기를 들어보고 정리해 오는 것을 포함하도록 한다.		자료표현 활동지 2-3 (과제용) 자료수집

자료분석

자료표현

자료수집

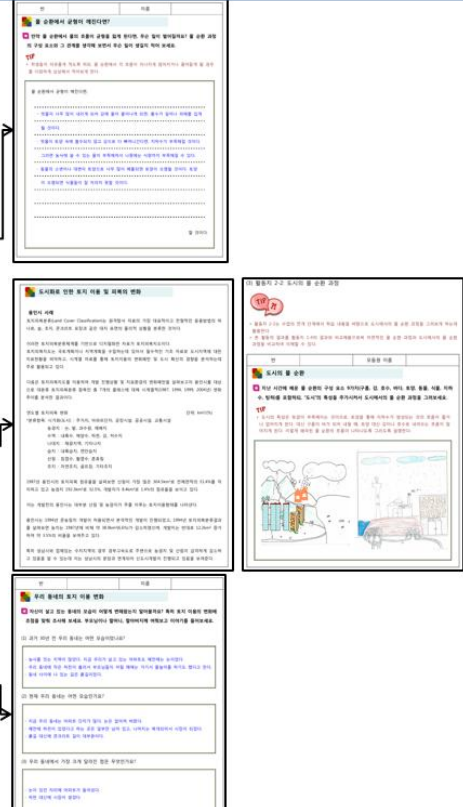


그림 11. '물 부족' STEAM 프로그램 초 5-6학년 2차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

물 부족 초등5-6학년용은 물 순환과 도시화를 주제로 총 6차시로 구성되어있다. 1차시는 물 순환 시스템과 물 순환을 이해하기 위해 물의 기본적 특징에 대하여 설명하고 순환 게임 활동을 통해 다이어그램 활동을 정리하였다. 순환 게임 활동 보드판에 있는 물 순환 기본 요소를 살펴보고 요소간의 관계를 파악하는 과정에서 자료수집, 자료분석 요소가 나타나 있으며 게임을 통해 나온 이동경로를 다이어그램으로 변환하는 과정에서 자료표현요소가 나타난다. 2차시는 도시에서의 물 부족 원인을 물 순환 및 토지 이용과 관련하여 이해하고 자신의 동네에 대한 사례조사를 수행한다. 도시에서의 물의 순환 과정을 그리기 위하여 자료를 수집하고 분석하는 과정에서 자료수집, 자료분석 요소가 나타난다. 내용을 바탕으로 물 순환 과정을 표현하는 과정에서 자료표현요소가 나타남을 확인하였다. 3차시에서는 구체적인 수치 시뮬레이션을 통해 도시의 토지 이용 및 피복 변화에 따른 물 저장 능력의 감소를 수학적으로 계산하는 활동이 이루어진다. 토지 이용별 투입되는 비의 양을 계산하는 과정에서 자료수집, 자료 분석요소가 나타남을 확인하였다. 4차시는 물 부족을 해결하기 위하여 물 저장 능력 비교 키트 실험을 통해 각 재료의 물의 저장 능력이 얼마나 있는지에 대하여 학습하고 토지를 어떻게 이용하는 것이 좋을 지에 대한 생각을 표현하도록 한다. 실험을 통한 재료의 저장 능력을 알아보는 과정에서 자료수집요소, 저장능력을 비교하기 위해 진행된 실험에서 시뮬레이션 요소, 토지를 어떻게 이용하는 것이 좋을 지에 대하여 아이디어를 공유하는 과정에서 문제분해와 추상화 요소가 나타난다. 5차시에서는 물의 순환의 중요성과 도시의 토지 이용 변화로 인한 물 저장 능력의 변화, 물 부족 발생의 문제 등을 총체적으로 이해하고 물 순환과 저장이 이상적인 도시의 모습을 과학적으로 그리는 활동이 진행된다. 지금까지 배운 내용을 수집하는 과정에서 자료수집 요소, 여러 가지 자료 중에서 도시의 물 문제를 해결하기 위해 방안을 생각하는 과정에서 자료분석, 문제분해, 추상화 요소가 나타나며 이를 그림으로 표현하는 과정에서 자료표현이 나타난다. 6차시에서는 5차시에서 그린 그림을 토대로 도시를 만들기 위한 요인이 무엇인지 정리하는 활동을 통해 문제 분해, 추상화 요소가 나타나며 물 유실량을 줄이고 저장량을 높이기 위해 적용하고 있는 여러 기술들을 사례와 함께 설명하는 단계에서 자료수집 및 자료표현 요소가 나타난다.

표 14. STEAM 프로그램 기후변화, 물 부족 초등 5-6학년용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

	기후변화						물 부족					
	1차시	2차시	3차시	4차시	5차시	6차시	1차시	2차시	3차시	4차시	5차시	6차시
자료수집	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
자료분석	○	○	○	○		○	○	○	○		○	
자료표현	○					○	○	○			○	○
문제분해						○				○	○	○
추상화						○				○	○	○
알고리즘과 절차화												○
자동화												
시뮬레이션										○		
병렬화												

중학교 ‘기후 변화’, ‘물 부족’ STEAM 프로그램 분석 결과

(1) 프로젝트 소개 및 해결책의 방향 인식			
교수학습 과정안			
수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 동기부여 - 동영상상을 통해 지구온난화에 대한 인식 - 동영상상을 본 후에 의견 발표 (2) 미세조류 이용한 바이오디젤 개발 사례의 동영상상을 추가로 보여준다. - 두 동영상에서 중심으로 알리려는 것이 무엇이었는지 조별로 발표한다. - 무엇이 중요한 문제일까? 를 생각해 보게 한다. (3) 학생들이 각자 환경공학자가 되었다고 상황을 설정하고, 정부에서 그들에게 미션 편지가 왔음을 알려주고, 미션편지를 조별로 나누어준다.	동영상 1번 동영상 2번 미션편지 준비	수업자료 1-1
전개 (25분)	(4) 학생들에게 조별로 환경공학자 그룹이 되어 모둠별로 주어진 미션을 해결하기 위해 브레인스토밍을 하게 한다. - 해결할 문제가 무엇인지, 무엇을 준비해야 하는지, 어떤 결과물을 만들어야 하는지를 브레인스토밍 한다. - 과제를 해결하기 위해서 먼저 알아야 할 내용이 무엇이 있는지 토의하고 발표한다.	미션편지에 제시된 프로젝트의 의미를 충분히 이해할 수 있도록 조별 논의 과정을 도와주도록 한다.	활동지 1-1
정리 (10분)	(6) 모둠별로 정리한 결과를 발표를 하게하고 이에 대해서 피드백을 서로 주고받게 한다.	문제분해, 추상화	활동지 1-1

그림 12. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 중학교 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

기후변화 중학생용 프로그램은 미세조류를 활용한 이산화탄소 감축 프로젝트를 주제로 총 10차시로 구성되어있다. 1차시는 프로젝트 소개 및 해결책의 방향인식으로 바이오 에너지의 장점을 활용하는 방법을 이해하고 바이오 에너지를 활용하기 위한 최적의 방안을 모색하는데 필요한 정보를 제시하는 자료수집, 문제분해, 추상화 요소가 나타났다. 2차시는 우리나라의 기후는 얼마나 변했는지 실제 데이터를 분석하기 위한 방법을 고안하고 기후 변화 양상을 파악하여 지구온난화가 우리나라에도 실제로 나타난 것임을 인식한다. 방법을 고안하는 과정에서 문제분해, 추상화 요소가 나타나며, 기후 변화 양상을 파악하는 과정에서 자료분석, 자료표현 요소가 나타났다. 3차시는 온실효과에 대한 개념을 파악하기 위해 온실효과의 물질을 탐구하고 이산화탄소의 온실효과 방법을 실험을 통해 이해하게 된다. 이 활동에서는 실험을 통한 자료수집, 자료분석 요소가 나타남을 확인하였다. 4차시는 온실효과를 재현해 보는 활동을 통하여 이산화탄소가 온실 기체임을 확인한다. 실험을 통한 자료수집, 자료분석 요소가 나타남을 확

인하였다. 5차시는 녹조류의 특징과 광합성 과정을 이해하고 바이오매스를 이용하는 과정에서 이산화탄소를 줄일 수 있음을 이해한다. 녹조류를 관찰하고 바이오매스 과정에서 이산화탄소량을 줄일 수 있는 방법을 토의하는 과정에서 자료수집, 자료분석, 문제분해, 추상화, 알고리즘 및 절차화 요소가 나타남을 확인하였다. 6-7차시는 미세조류의 바이오매스를 이용하여 이산화탄소를 감축하고 지구 온난화를 완화 시킬 수 있는 가장 효과적이 해결책을 강구한다. 모델을 제작하는 과정에서 문제분해, 추상화, 알고리즘과 절차화, 자동화 요소가 나타난다. 8차시에서는 이산화탄소 감축 장치 모형의 검토과정을 통하여 장치를 수정하는 과정에서 자동화 요소가 나타난다. 9차시에서는 이산화탄소 감축 장치를 최종 점검하고 확인하는 과정에서 시뮬레이션 요소가 나타남을 확인할 수 있었다. 10차시는 이산화탄소 감축 장치 개발 프로젝트 발표회로 1주일 동안 관찰된 데이터를 표현하여 나타내는 과정에서 자료표현 요소가 나타남을 확인하였다.

표 15. STEAM 프로그램 ‘기후변화’ 중학생용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

	기후 변화									
	1차시	2차시	3차시	4차시	5차시	6-7 차시	8차시	9차시	10차시	
자료수집	○		○	○	○					
자료분석		○	○	○	○					
자료표현		○								○
문제분해	○	○			○	○				
추상화	○	○			○	○				
알고리즘과 절차화					○	○				
자동화						○	○			
시뮬레이션								○		
병렬화										

(2) 우리나라는 물 부족 국가?

교수학습 과정안

수업 단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	(1) 우리나라는 물 부족 국가일까, 아닐까를 거수로 투표해 본다. - 대부분의 학생들은 우리나라가 물 부족 국가로 분류된다는 점을 이미 인식하고 있을 것이다. (2) 그러면 우리가 일상에서 실제로 물 부족을 겪고 있다고 느끼는지, 아닌지를 거수로 투표해 본다. - 우리나라가 물 부족 국가로 분류된다는 점을 지식적으로는 알고 있지만, 학생들이 일상에서 경험하는 바를 바탕으로는 물 부족을 직접적으로 느끼지 못할 수 있다. (3) 이렇게 우리가 일상에서는 물을 쉽게 구할 수 있지만, 사실 우리나라는 물 부족 국가로 분류되고 있는데, 그 이유가 무엇일지를 알아보는 것이 오늘의 수업 내용을 소개한다.	이 활동에서는 우리나라가 물 부족 국가로 분류된다는 사실과 일상에서 체험하는 물 부족 정도가 일치하지 않음을 통해 학생들의 인지 갈등을 유발하는 것이 목적이다.	
전개 (25분)	(4) 우리나라가 물 부족 국가라는 내용을 다른 기사들을 주고 읽어보게 한다. (5) 신문 기사의 주요 내용을 정리해 주고, 기사 속에서 우리나라가 물 부족 국가로 분류되는 이유를 찾아보게 한다. (6) 우리나라의 물 수급의 특성과 물 부족이 나타나는 원인에 대해 설명한다. - 이때, 1차시에서 학습한 물 부족의 다양한 원인을 상기시키면서 그 중 우리나라가 어디에 속하는지를 생각해 보게 할 수 있다.	자료분석	활동지 2-1 수업자료 2-1
정리 (15분)	(7) 실제로 우리나라에서 물 부족을 겪고 있다는 사례를 다른 기사를 나누어 주고 읽게 한다. (8) 우리 개인이 느끼는 것과는 다르게 우리나라에서도 물 부족이 일어나고 있음을 다시 한 번 상기시키고 수업을 마무리한다.	문제분해, 추상화	활동지 2-2

The image shows a collection of educational materials. On the left is a lesson plan table. On the right, there are two newspaper articles and two student worksheets. The top article is titled '우리나라는 물 부족 국가' (Is our country a water-scarce country?) and discusses the water shortage problem in South Korea. The bottom article is titled '우리나라의 물 수급 현황과 물 부족 원인' (Water supply and demand status and water shortage causes in our country) and provides more detailed information. The worksheets are labeled '활동지 2-1' and '활동지 2-2', corresponding to the activities in the lesson plan.

그림 13. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 중학교 2차시 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시

물 부족 중학생용 프로그램은 물 부족을 해결하는 다양한 방법을 주제로 총 10차시로 구성되어 있다. 1차시는 물 관련 속담을 통해 물의 가치와 중요성을 이해하는 과정으로 맥락에 따라 다양한 원인이 나타나는 것을 알게 되는 과정에서 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화 요소가 나타나 있다. 2차시는 신문기사 분석을 통해 우리나라가 물 부족 국가로 분류된다는 사실과 그 원인이 무엇인지 탐색하는 과정으로 문제분해, 추상화, 자료분석 요소가 나타나 있다. 3차시는 자신이 속한 학교의 물 사용 실태를 다양한 방법으로 조사해 보고, 학교에서 해결해야 하는 물 문제가 무엇인지 직접 발견하는 활동에서 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화 요소가 나타나 있음을 확인하였다. 4차시는 물 부족 대응을 위한 과학기술적 노력에는 어떤 것들이 있는지 알아보고, 특히 해수담수화 기술의 원리에 대해 실험을 통해 이해하는 과정에서 문제분해, 추상화, 알고리즘과 절차화, 자동화 요소가 포함되어 있다. 5차시는 물부족 대응을 위해서 물 저장 및 정화가 필요함을 이해하고, 가장 효과적으로 물을

정화, 저장 할 수 있는 실험을 직접 설계 및 제작하는 활동에서 알고리즘과 절차화, 자동화, 시뮬레이션 요소가 포함되어있다. 6차시는 물 부족 대응을 위한 과학적 노력 중에서 특히 자연과 생명의 특징을 원리로 하는 대응 방안을 이해하고 모의 설계하는 활동으로 문제분해, 추상화, 알고리즘과 절차화 요소가 나타나며 7차시는 물 부족 대응을 위한 인문 사회적 노력에는 어떤 것들이 있는지 알아보고 세계 물의 날 홍보 디자인을 만드는 활동으로 자료수집, 자료분석, 자료표현 요소가 나타남을 확인하였다. 8차시는 역할극을 통한 우리나라의 물 부족 문제를 해결하기 위한 토의를 통해 직접 구체적이고 다각적인 해결 방안을 제안하는 활동으로 문제분해와 추상화 요소가 나타남을 확인하였다. 9차시는 학교 수준으로 범위를 구체화하여 3차시에서 직접 도출한 학교에서의 물 문제 상황을 해결하기 위한 실천 계획을 협동적으로 설계하는 활동으로 알고리즘과 절차화와 시뮬레이션 요소가 나타났으며 10차시는 우리 학교의 물 문제 해결을 위한 모둠별 수행한 프로젝트의 결과물을 발표하는 활동으로 자료표현 요소가 나타난다(표 17).

표 16. STEAM 프로그램 물 부족 중학생용 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

	물 부족									
	1차시	2차시	3차시	4차시	5차시	6 차시	7차시	8차시	9차시	10차시
자료수집	○		○				○			
자료분석	○	○	○				○			
자료표현	○		○				○			○
문제분해	○	○	○	○		○		○		
추상화	○	○	○	○		○		○		
알고리즘과 절차화				○	○	○			○	
자동화				○	○					
시뮬레이션					○				○	
병렬화										

고등학교 ‘기후 변화’, ‘물 부족’ STEAM 프로그램 분석 결과

(1) 이산화탄소 플라스틱이 무엇일까요?

교수학습 과정안

학습과정	교수-학습 활동	학습자료 및 유의점	교사자료
동기유발 (10 분)	1) 과학키패 중 이산화탄소의 두 얼굴 동영상 보여 주기 → 정단과학 기술 이슈와 관련된 상황 제시 ● KBS 과학키패 동영상(2011년 8월 1일 방송분 서브코너) 참고문헌 참고	과학키패 동영상 CD 또는 편집된 파일을 사용한다. (현재 동영상 중 적절한 부분을 선택하여 사용)	
전개 (35 분)	2) 학생들에게 동영상을 보고 무엇을 생각하게 되었는지 발표시 킨다. 학생들 답변: ▶ 이산화탄소가 온실 기체다. ▶ 이산화탄소가 지구 온난화를 유발한다. ▶ 이산화탄소를 줄여야 한다. ▶ 이산화탄소를 이용하여 플라스틱도 만들고 종이도 만들 수 있 다. 3) 이산화탄소 플라스틱이 왜 중요할까? 에 대해 토의한다. 예상되는 토의의 방향: ▶ 이산화탄소를 줄일 수 있는 방법이다. 왜 이산화탄소를 줄여야 하지? ▶ 이산화탄소가 온실효과를 유발한다. ▶ 온실효과를 유발하는 이산화탄소가 많아지면 지구가 더워진 다. 지구 온난화가 인간에게 심각한 피해를 준다. 그래서 이산화탄소 를 줄여야 한다. 이산화탄소를 줄이려면 어떻게 해야 하지? ▶ 대기 중 이산화탄소를 흡수, 저장한다. → 이산화탄소 포집& 저장기술에 대한 설명 ▶ 이산화탄소를 재활용한다? → 이산화탄소 활용 기술 설명 4) 토의 결과를 발표한다. 5) 이산화탄소 플라스틱에 대한 위키 자료를 나누어주고 좀 더 자세히 알아본다.	학생들의 답변이 너무 별위를 넘어설 경우 적절한 안내한다. 이산화탄소 플라스틱의 등장 배경을 이해하고, 그것의 정치적, 경제적 이점을 논의하게 한다.	활동지 1-1
학습정리 (5 분)	6) 토의 후 학생들이 좀 더 자세히 알고 싶은 게 무엇인지 발표 하게 한다. → 문제 인식의 과정 예상되는 질문들: 온실효과가 뭔가요? 왜 지구가 더워지나요? 지구가 더워지면 어떤 피해를 주나요? 지구가 더워지면 뭐가 만 제가 되나요? 우리나라도 정말로 더워지나요? 우리나라의 기후도 변하고 있나 요? 이산화탄소 플라스틱은 어떻게 만들어요? 이산화탄소를 포집 저장하는 방법은 어떤 것이 있나요?	토의 후 발표 과정은 문제 인식의 과정이므로, 학생들이 이후 수업에서 해결하고 싶은 과제를 찾아보는 것이다.	

자료수집, 자료분석, 자료표현

문제분해, 추상화

(1) 활동지 1-1. 이산화탄소 플라스틱이 무엇일까요?

학년	반	모둠명	

목적 -

1. 이산화탄소 플라스틱의 생산 기술을 개발한 것이 우리나라 경제와 어떤 관계가 있는지 알 수 있다.
2. 이산화탄소 플라스틱을 이용하여 기후변화에 적절하게 대응하는 법을 알 수 있다.

CO2도 알고, 플라스틱도 만들고?

플라스틱이라는 단어가 다소 부정적인 느낌으로 다가온 것은 오래 전이다. 인류의 보편적 문제가 '개발을 해야'는 절실함으로 바뀌어 서서히 바뀌어 갔지만, 플라스틱은 인류의 '살아' 있을 필기적으로 불완전한 소재가 분명하지만 역시 없다는 점. 물에 대한 무한을 제공하는다는 점. 가열하면 플라스틱이 녹아 나올 수 있다는 점. 일부 종류는 그 자체로도 독성이 있다는 점 등에서 '건강'과는 거리가 있다. 인류의 플라스틱 사용으로 동물들이 죽어갔다. 최근에는 바다로 떠돌아간 플라스틱 쓰레기를 물새가 먹고 죽는 일도 벌어지고 있다. 심지어 오 채어난 세계에서도 배회(배가)를 무한 같은 플라스틱 쓰레기를 몰아대. 죽이는 배양에 하기와 이어서가 문제. 죽는 일도 발생하고 있다. 이산화탄소 배출량 지구온난화 비율은 공론화 될 환경 문제의 주축적 이유가 되었다. 플라스틱은 더욱. 그러나 플라스틱은 '재가' 됐다. 플라스틱 재활용 만드는 데 일한 인류가 필요하다. 이 과정에서 대량의 이산화탄소가 발생하기 때문이다. 석유화학 공정은 에너지를 위한 연료가 들고 온실가스도 다량 배출한다. 그래서 석유화학 업계를 대표적 에너지 다소비, 탄소배출 산업으로 꼽기도 한다. 이 때문에 한국이 온실가스 배출 의무감속국이 될 경우 석유화학 산업이 가장 먼저 타격을 받게 될 것으로 보인다. 그렇다면 인류가 플라스틱을 안 할 수 없는 노릇이다. 이 같은 플라스틱의 문제를 생각해 해결할 수 있는 방법은? '이산화탄소 플라스틱' 기술이 주목받고 있다. 이물질이 아니다. 분자공학기술학과 교수이 개발한 기술로 현재 50여년이나 한계 연구개발과 사업화를 동시에 진행하고 있다. 이산화탄소 플라스틱은 전도의 기술의 핵심은 촉매다. 표표(표표)이산화탄소 이산화탄소를 56배 세로 만든 뒤 여기에 '유아-에틸렌 촉매'를 넣어주면 화학반응을 통해 고체물질이 생기는데 이게 바로 이산화탄소 플라스틱이다.

이산화탄소 플라스틱은 기존 합성수지의 특징을 대부분 지닐 뿐 아니라 놀라운 강점도 가지고 있다. 일부 인공 탄소섬유가 거대 대용량 공력이 없게 되고, 더 쓰고 난 뒤에는 재활용이 안 되는 플라스틱 쓰레기 문제가 발생하지 않는다. 인체에 대한 독성이 있는 것도 장담하고, 세척도 투명해 색소를 첨가하면 일러스트

그림 14. ‘기후 변화’ STEAM 프로그램 고등학교 1차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

기후변화 고등학생 프로그램은 이산화탄소를 줄일 수 있을까요? 라는 주제로 10차시로 구성되어있다. 1차시는 이산화탄소 플라스틱 생산 기술이 중요한 이유를 토의하고 기후변화와 이산화탄소 감축에 대해 알고 싶은 내용을 선정한다. 이 활동 속에 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화 요소가 나타난다. 2차시는 기존/강수량의 변화로 발생하는 기상 현상에 대한 마인드 맵을 그리고 최근 이상 기상현상을 검색하고 이상 기후 및 기후 변화의 원인에 대해 탐색하는 활동에서 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화, 알고리즘과 절차화, 자동화 요소가 나타나는 것을 확인하

였다. 3차시는 기상청에서 기온/강수량의 실측 데이터를 검색하여 엑셀로 변환하고 변화 양상을 설명하는 과정에서 자료수집, 자료분석, 자료표현, 추상화, 알고리즘과 절차화 요소가 나타난다. 4-5차시는 온실변화 실험을 통하여 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화 요소가 나타나고 실험을 설계하고 수행하는 과정에서 알고리즘과 절차화, 자동화, 시뮬레이션 요소가 나타난다. 6차시에서는 이산화탄소가 중요한 온실 기체임을 알아내는 실험을 통하여 이산화탄소는 온실기체일까?에 대한 시뮬레이션 요소가 나타나며, 7차시는 지구 복사 평형 과정을 수학적으로 분석하는 활동을 통해 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화 요소가 나타나있음을 확인하였다. 8차시는 미세조류에 대하여 조사해보고 바이오 디젤 생산 과정이 이산화탄소를 소비할 수 있음을 인식하는 활동을 통해 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화 요소가 나타남을 확인하였다. 9차시는 이산화탄소 감축장치를 만드는 과정으로 문제 해결을 위한 자동화와 시뮬레이션 요소가 나타났다. 10차시는 생활 속의 이산화탄소를 줄이는 활동으로 1주일 동안 이산화탄소 배출량을 측정해보는 활동을 통해 감축 방안을 탐색하는 활동에서 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화 요소가 나타난다.


표 17. STEAM 프로그램 기후변화 고등학생 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

	기후 변화									
	1차시	2차시	3차시	4-5차시	6차시	7 차시	8차시	9차시	10차시	
자료수집	○	○	○	○		○	○		○	
자료분석	○	○	○	○		○	○		○	
자료표현	○	○	○	○		○	○		○	
문제분해	○	○	○	○		○	○		○	
추상화	○	○	○	○		○	○		○	
알고리즘과 절차화		○		○						
자동화		○		○				○		
시뮬레이션				○	○			○		
병렬화										

(5) 내가 만든 물 정화 키트의 성능은?

교수학습 과정안

수업 단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	(1) 지난 시간에 모동별로 작성했던 설계도를 잘 준비해 왔는지 확인한다. (2) 오늘은 설계도에 따라 키트를 제작해 볼 것임을 안내하고, 키트를 나누어 준다. (3) 혹시 추가적인 재료의 요청이 있었다면, 그것을 확인해 준비해 준다.	자료수집, 자료분석, 자료표현	
전개 1 (15분)	(4) 모동별로 각자의 설계도에 따라 물 정화 키트를 만든다. (5) 모동별로 완성한 물 정화 키트의 성능을 실험하게 한다. -이 때, 두 가지 종류의 하수를 정화하게 된다. 하나는 탁도 및 이물질 제거, 다른 하나는 물 위에 부유한 기름 제거이다. -실험 과정에서 탁도계나 색도계를 활용하여 보다 정량적인 측정을 하면 좋다. -실험 결과 확인 시, 모동별로 중점을 두고자 했던 사항(예: 냄새, 색깔, 부유물 등)이 과연 잘 반영되었는지를 점검하게 한다.	정화 성능 실험 시, 탁도계나 색도계 대신 탁도 및 부유물 측정기를 이용하거나 MBL을 사용하면 보다 정밀한 결과를 얻을 수 있다.	수업자료 5-1 발중지 5-1
전개 2 (25분)	(6) 모동별로 자신의 키트를 다각도로 평가해 보게 한다. - 예술성, 경제성, 기능성의 세 가지 측면에서 점수를 매겨 보게 한다. (7) 모동별로 자신들이 만든 키트의 설계 의도와 실험 결과를 발표하게 한다. (8) 모동별 발표를 모두 듣고 난 뒤, 학생들로 하여금 가장 잘 만든 물 정화 키트를 거수로 투표하게 한다. - 최우수 키트로 선정된 모동에게 적절한 보상을 제공한다.	문제분해, 추상화, 알고리즘 및 절차화, 자동화, 시뮬레이션	
정리 (5분)	(9) 물 정화 키트 활동을 확대하면 도시의 물 관리 과정에서 물 정화를 위한 시설이나 인프라를 구축하는 데에 적용될 수 있음을 이야기하여 수업을 마무리한다.		



물 정화 키트 성능 실험 방법


실험 과정

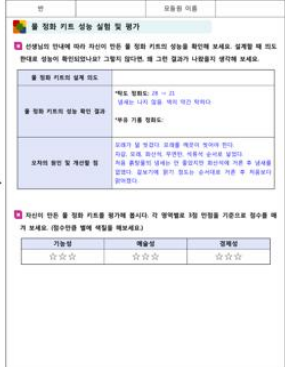
물 정화 실험은 탁도 및 부유물 제거를 위해 탁도계, 부유물 측정기를 사용하여 정량적으로 그 성능을 평가한다.

1. 탁도 및 부유물 제거

탁도계 사용: 탁도계는 탁도를 측정하는 데 사용된다. 탁도계는 탁도를 측정하는 데 사용된다. 탁도계는 탁도를 측정하는 데 사용된다.

부유물 측정기 사용: 부유물 측정기는 물 속에 부유한 기름을 측정하는 데 사용된다. 부유물 측정기는 물 속에 부유한 기름을 측정하는 데 사용된다.





물 정화 키트 성능 실험 및 평가

실험 결과 확인 시, 모동별로 중점을 두고자 했던 사항(예: 냄새, 색깔, 부유물 등)이 과연 잘 반영되었는지를 점검하게 한다.

물 정화 키트의 설계 의도

탁도: 탁도계 사용 시, 탁도계는 탁도를 측정하는 데 사용된다. 탁도계는 탁도를 측정하는 데 사용된다.

부유물: 부유물 측정기 사용 시, 부유물 측정기는 물 속에 부유한 기름을 측정하는 데 사용된다. 부유물 측정기는 물 속에 부유한 기름을 측정하는 데 사용된다.

모동별 발표 및 평가 방법

모동별 발표를 모두 듣고 난 뒤, 학생들로 하여금 가장 잘 만든 물 정화 키트를 거수로 투표하게 한다.

최우수 키트로 선정된 모동에게 적절한 보상을 제공한다.

구분	대상	내용
최우수 키트	모동	최우수 키트

그림 15. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 고등학교 5차시 CT_SciEdu 1 분석 예시

물 부족 고등학생용 프로그램은 도시의 물관리라는 주제로 총 10차시로 구성되어있다. 1차시는 수자원 확보 및 저장의 필요성을 학습하기 위하여 물부족과 관련하여 상수 확보 및 저장의 방법, 상수 관리의 중요성 및 그 과정의 이해하는 활동에서 자료수집, 자료분석 요소가 나타난다. 2차시는 상수 보급의 중요성 및 역사적 주요 사례를 통한 상수 보급 방안을 탐색하는 활동으로 구성되어 있으며, 자료수집, 자료분석 요소가 나타난다. 3차시는 하수 처리의 중요성과 과정과 방법을 다양한 방법 및 사례를 통하여 학습하고 자신이 할 수 있는 방법을 찾는 과정에서 자료수집, 자료분석, 문제분해, 추상화 요소가 나타난다. 4차시는 물정화가 필요한 이유를 살펴보고, 물 정화 키트의 원리 및 구성 재료의 탐색을 통해 설계도를 그려보는 활동 5차시는 설계한 물 정화 키트를 직접 적으로 만들어 정화 능력을 실험하고 실험 결과를 발표하는 활동으로 4차시는 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분해, 추상화, 알고리즘과 절차화, 자동

화, 5차시는 4차시에 나타난 7가지 요소와 함께 시뮬레이션 요소가 나타남을 확인하였다. 6차시는 저장 키트의 원리, 키트의 자료 탐색을 통해 설계도를 그려보는 과정을 통해 4차시에 나타난 7가지 요소가 나타난 것을 확인하였으며 7차시에서는 키트를 제작하고 실험하고 결과를 발표하는 과정에서 5차시에 나타난 8가지 요소가 나타났다. 8차시에서는 상수 확보, 보급, 하수 처리 관련 직업 키트 활용 등을 종합하여 도시의 물 관리 시스템을 설계하는 과정에서 알고리즘과 절차화, 자동화 요소가 나타남을 9차시에서는 계획서에 따라 결과물을 완성하고 발표하는 과정에서 시뮬레이션 요소가 10차시에서 물 관리와 관련된 다양한 직업에 대해 알아보는 활동을 통해 자료수집, 자료분석 요소가 나타남을 확인하였다.

표 18. STEAM 프로그램 물 부족 고등학생 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

	물 부족									
	1차시	2차시	3차시	4차시	5차시	6 차시	7차시	8차시	9차시	10차시
자료수집	○	○	○	○	○	○	○			○
자료분석	○	○	○	○	○	○	○			○
자료표현				○	○	○	○			
문제분해			○	○	○	○	○			
추상화			○	○	○	○	○			
알고리즘과 절차화				○	○	○	○	○		
자동화				○	○	○	○	○		
시뮬레이션					○		○		○	
병렬화										

표 19. STEAM 프로그램 기후 변화, 물 부족 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

프로그램	대상	차시	컴퓨팅 사고 요소								
			자료 수집	자료 분석	자료 표현	문제 분해	추상화	알고리즘과 절차화	자동화	시뮬레이션	병렬화
기후 변화	초 3-4	6차시	○	○	○	○	○			○	
	초 5-6	6차시	○	○	○	○	○			○	
	중학생	10차시	○	○	○	○	○	○	○	○	
	고등학생	10차시	○	○	○	○	○	○	○	○	
물 부족	초 3-4	6차시	○	○	○	○	○			○	
	초 5-6	6차시	○	○	○	○	○				
	중학생	10차시	○	○	○	○	○	○		○	
	고등학생	10차시	○	○	○	○	○	○	○	○	

초등학교에서는 주로 자료 수집, 자료 분석, 자료 표현이 요소가 빈번하며, 중학생에서는 자료 수집, 자료 분석, 자료 표현, 문제 분해, 추상화, 알고리즘 및 절차 단계가, 그리고 고등학생 과정에서 모든 요소가 나타남을 확인하였다. 이러한 분석을 NGSS의 초-중-고 교육과정에서 기술된 컴퓨팅 사고의 내용과 비교하였을 시, 앞서 제시한 컴퓨팅 사고의 요소 중 초등의 컴퓨팅 사고에서는 자료수집, 자료 분석 및 표현이 지배적이고, 중학교에서는 앞의 내용을 포함한 추상화와 알고리즘 및 절차단계가 추가되고, 고등학교에서는 시뮬레이션이 추가되는 것으로 나타났다. 이러한 분석은 앞서 제시한 NGSS의 초-중-고 교육과정에서 기술된 컴퓨팅 사고의 내용과 비교하였을 시, 컴퓨팅 사고의 요소 중 초등의 컴퓨팅 사고에서는 자료수집, 자료 분석 및 표현이 지배적이고, 중학교에서는 앞의 내용을 포함한 추상화와 알고리즘 및 절차단계가 추가되고, 고등학교에서는 시뮬레이션이 추가되는 것으로 나타났다. 이는 STEAM에 나타난 컴퓨팅 사고 요소에 있어서도 수준별 차이가 있음을 보여주고 있으며, 세부 요소 및 조작적 정의가 과학교육입장에서 적용가능하다는 것을 확인하였다(표 19).

따라서, 전문가들은 컴퓨팅 사고의 개념적 요소와 NGSS의 교육과정이 긴밀한 상관관계를 가지고 있는 것으로 판단되어 중학생 물 부족 STEAM 프로그램을 NGSS의 컴퓨팅 사고 요소를 토대로 분석하여 1차로 구안된 컴퓨팅 사고 세부요소와 비교하였다.

(1) 프로젝트 소개 및 해결책의 방향 인식			
교수학습 과정안			
수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 동기부여 - 동영상상 통해 지구온난화에 대한 인식 - 동영상을 본 후에 의견 발표 (2) 미세조류 이용한 바이오디젤 개발 사례의 동영상상 추가로 보여준다. - 두 동영상에서 중심적으로 알리려는 것이 무엇이었는지 조별로 발표한다. - 무엇이 중요한 문제일까? 를 생각해 보게 한다. (3) 학생들이 각자 환경공학자가 되었다고 상황을 설정하고, 정부에서 그들에게 미션 편지를 왔음을 알려주고, 미션편지를 조별로 나누어준다.	동영상 1번 동영상 2번 미션편지 준비	수업자료 1-1
전개 (25분)	(4) 학생들에게 조별로 환경공학자 그룹이 되어 모둠별로 주어진 미션을 해결하기 위해 브레인스토밍을 하게 한다. - 해결할 문제가 무엇인지, 무엇을 준비해야 하는지, 어떤 결과물을 만들어야 하는지를 브레인스토밍 한다. - 과제를 해결하기 위해서 먼저 알아야 할 내용이 무엇인지 토의하고 발표한다. E-1	미션편지에 제시된 프로젝트의 의미를 충분히 이해할 수 있도록 조별 논의 과정을 도와주도록 한다.	활동지 1-1
정리 (10분)	(6) 모둠별로 정리한 결과를 발표를 하게하고 이에 대해서 피드백을 서로 주고받게 한다.		활동지 1-1

그림 15. ‘물 부족’ STEAM 프로그램 중학교 1차시 NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 예시

따라서, 전문가들은 컴퓨팅 사고의 개념적 요소와 NGSS의 교육과정이 긴밀한 상관관계를 가지고 있는 것으로 판단되어 ‘물 부족’ 중학생용 STEAM 프로그램을 NGSS의 컴퓨팅 사고 요소를 토대로 분석하여 1차로 구안된 컴퓨팅 사고 세부요소와 비교하였다 [부록1]. 따라서, 전문가들은 컴퓨팅 사고의 개념적 요소와 NGSS의 교육과정이 긴밀한 상관관계를 가지고 있는 것으로 판단되어 “콜레라에서 감기까지” 프로그램을 NGSS의 컴퓨팅 사고 요소를 토대로 분석하여 1차로 구안된 컴퓨팅 사고 세부요소와 비교하였다.

표 20. STEAM 프로그램 ‘기후 변화’ 중학생용 프로그램 NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 결과

	K-2학년	3-5학년	6-8학년	9-12학년
1	정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것을 언제 사용할지 결정	제안된 사물 또는 도구가 성공 증거에 맞는지 확인하기 위하여 정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것이 적합한지 결정 ●		
2	숫자로 세는 법을 사용하여 자연계 및 인공 세계에서 나타나는 규칙성 확인 및 기술	간단한 자료를 정리하여 관계의 규칙성 표현	디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성과 경향 분석 ●	현상, 설계된 도구, 과정 또는 시스템에 대하여 컴퓨팅적 모델이나 시뮬레이션 만들고 수정
3	여러 가지 물체의 정량적 특성을 기술, 측정하고 비교하여 간단한 그래프 자료로 표현	물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제 다룸 ● ●	수학적 표상을 사용하여 과학적 결론이나 공학적 해결책을 기술하고 뒷받침 ●	현상이나 설계안에 대한 수학적, 컴퓨팅적, 알고리즘적 표상을 사용하여 주장, 설명을 기술하거나 뒷받침
4	정량적 자료를 사용하여 문제에 대한 두 가지 대안적 해결책을 비교	간단한 알고리즘에 따르는 그래프, 차트를 만들어 공학 문제의 대안적 해결책 비교	1. 알고리즘을 만들어 문제 해결 2. 과학적 질문과 공학적 문제에 수학 개념 및 과정 적용 3. 디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 해결책 검증 및 비교 ● ● ●	1. 대수, 함수 기법을 사용하여 수학, 공학적 문제를 표현하고 해결 2. 간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그램, 알고리즘 또는 시뮬레이션을 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인 ● ● 3. 유도된 단위, 복합단위를 활용 복잡한 측정 문제 상황에서 단위 변화

과학을 주제로 한 컴퓨팅 사고 프로그램 분석

먼저 1차로 구안된 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의로 “콜레라에서 감기까지” 6차시 프로그램을 분석하였다.

활동주제	켈멜바이러스 산모들의 영웅이 되다		
활동장소	일반교실(6-4)	차시	2/6
준비물	스마트폰(모동 1대), 컴퓨터(인터넷 연결), 활동지2		
활동목표	제시된 구조화된 데이터속에서 의미있는 데이터를 추출하며 분석한다. 추출된 데이터를 논리적 사고로 분석하여 문제를 해결하며 분석한다.		
학습단계	교수 학습 활동	자료	시간 (분)
도입	<ul style="list-style-type: none"> 역사속 산모사망 문제 발견하기 조선왕조실록 Online '돌림병' 검색하기 1847년 켈멜바이러스의 산모열 문제 영상보기 	<ul style="list-style-type: none"> 조선왕조실록 Online http://www.history.go.kr/online/online.html http://www.kci.go.kr http://www.kci.go.kr 	5'
자료분석	<ul style="list-style-type: none"> 제시된 데이터속 패턴 찾아내기 켈멜바이러스의 산모열 문제상황을 왜 읽기 자료를 통해 이해하기 확인된 상황 데이터를 어떻게 해석할지 보충에서 토의 (http://www.chosun.net/education/07/) 상항 텍스트 자료속 데이터를 구조화된 데이터 표현방식(표)으로 자료추출 	<ul style="list-style-type: none"> 소속의 역사 http://www.chosun.net http://www.chosun.net http://www.chosun.net http://www.chosun.net http://www.chosun.net 	5'
자료표현		<ul style="list-style-type: none"> 활동지2 	5'
(문제분해, 추상화)	<p>진개</p> <ul style="list-style-type: none"> 발견된 패턴속 문제 구조 분석하고 시각화하기 	<ul style="list-style-type: none"> 도움자료1 이 자료는 조선대학교의 자료로 활용되며 저작권이 보호됩니다. 	30'
알고리즘과 절차화	<ul style="list-style-type: none"> 발견한 패턴에 의한 문제해결 방안 발표하기 시각화된 알고리즘속에서 켈멜바이러스 박사는 어떤 결정을 내렸을지 도들의 의견을 정해서 발표 도들별 결정에 대한 토의와 역사속 켈멜바이러스학사의 결정과 		

그림 17. CT_SciEdu 1을 활용하여 ‘콜레라에서 감기까지’ 2차시 분석 예시

CT_SciEdu 1을 활용하여 ‘콜레라에서 감기까지’ 2차시 분석 예시를 살펴보면 다음과 같다. 2차시 수업 활동 목표는 제시된 구조화된 데이터 속에서 의미 있는 데이터를 추출하여 보고, 추출된 데이터를 논리적 사고로 분석하여 문제를 해결한다. 전개 단계에서 제시된 데이터 속에서 패턴을 찾아 어떻게 해석할 지에 대해 논의한다. 이는 CT_SciEdu 1에서 자료를 분석하여 이해하고, 패턴을 찾아 결론을 도출하기에 해당하는 자료분석 요소이다. 상황 텍스트 자료 속 데이터를 구조화된 데이터 표현방식으로 자료를 추출하는 과정은 자료를 정리하여 그래프, 차트, 글, 그림 등으로 묘사하거나 조직화하는 자료표현 요소에 해당한다. 발견된 패턴 속 문제 구조를 분해하는 과정은 문제분해 요소, 이를 시각화하는 과정은 추상화 요소 그리고 문제해결을 위한 알고리즘 시각화하는 과정은 알고리즘과 절차화 요소가 나타났다. 이처럼 “콜레라에서 감기까지” 6차시 프로그램의 수업과정안, 학습자료, 활동지를 분석하였다. 분석결과는 다음과 같다.

표 21 . ‘콜레라에서 감기까지’ 프로그램 CT_SciEdu 1 분석 결과

컴퓨팅 사고 세부 요소	1차시	2차시	3-4차시	5-6차시
자료수집	○		○	
자료분석	○	○	○	
자료표현	○	○	○	
문제분해		○		○
추상화		○		
알고리즘과 절차화		○		○
자동화				
시뮬레이션				
병렬화				

1차시에서는 콜레라 사망자에 관한 자료를 바탕으로 분석하여 새로운 데이터 시각화하여 존스노 박사가 어떤 결정을 내렸을 지에 대하여 토의를 한다. 이 수업과정에서 자료수집, 자료분석, 자료표현의 요소가 나타난 것으로 확인되었다. 2차시에서는 역사 속 산모사망 문제를 인식하고 제시된 데이터 속에서 패턴을 찾아 데이터를 표현하도록 하였다. 패턴속 문제 구조를 분해하고 시각화하는 과정에서 문제분해, 추상화, 알고리즘 요소가 포함되어 있는 것을 확인하였다. 3-4차시에서는 감기와 위생관련 데이터를 수집하기 위해서 실험을 진행하고 실험의 결과를 분석하여 베이스 맵에 반영하도록 하여 자료 분석과 자료 표현이 일어나도록 하였다. 마지막으로 5-6차시에서는 마인드맵을 통해 문제해결 방안을 단계별로 나타내는 과정을 통하여 문제를 분해하고, 이를 절차화 요소가 포함되어 있는 것을 확인하였다.

분석결과에서 자동화, 시뮬레이션, 병렬화 요소가 나타나지 않은 이유를 논의 한 결과 크게 두 가지의 원인이 있는 것으로 판단되었다. 첫째, 자동화, 시뮬레이션, 병렬화 요소는 기존의 사고방식과 다른 사고방식으로 사람이 정보를 처리하는 방식과 컴퓨터가 정보를 처리하는 방식 사이의 간극이 발생하여 자동화, 시뮬레이션, 병렬화 요소의 적용이 어렵다고 판단되어진다(임희석, 2017). 둘째, NGSS의 과정을 살펴보면 3~5학년 과정에서는 정량적 측정, 컴퓨터와 수학사용, 자료 분석, 대안적 설계, 해결책 비교가 이루어지며, 모델에 기초한 컴퓨터 시뮬레이션 사용은 9~12학년 과정에 나타난 것으로 보아 자동화, 시뮬레이션, 병렬화는 3~5학년이 학습하기에 고차원적인 요소로 판단되어진다(NGSS, 2013).

따라서, 전문가들은 컴퓨팅 사고의 개념적 요소와 NGSS의 교육과정이 긴밀한 상관관계를 가지고 있는 것으로 판단되어 “콜레라에서 감기까지” 프로그램을 NGSS의 컴퓨팅사고 요소를 토대로 분석하여 1차로 구안된 컴퓨팅 사고 세부요소와 비교하였다.









활동주제	웹사이트 산출물의 정정이 필요하다		
활동장소	일반교실(8-4)	박시	2/8
준비물	스마트폰(모동 1대), 컴퓨터(인터넷 연결), 활동지		
활동목적	제시된 구조화된 데이터셋에서 의미있는 데이터를 추출하며 분석한다. 추출된 데이터를 논리적 사고로 분석하여 문제를 해결하며 분석한다.		
학습단계	교수 학습 활동	자료	시간 (분)
도입	<ul style="list-style-type: none"> 역사속 산출사항 문제 발견하기 조선일보실록 Online '동일명' 검색하기 1847년 웹페이지 산출물 문제 영상보기 	<ul style="list-style-type: none"> 조선일보실록 Online http://www.chosunilbo.com/online 조선일보실록 Online http://www.chosunilbo.com/online 	5'
전개	<ul style="list-style-type: none"> 제시된 데이터셋 확인 찾아내기 웹사이트의 산출물 문제상황을 잘 읽기 자료를 통해 이해하기 확인된 상황 데이터를 바탕으로 확인일자 포털에서 조회 http://blog.daum.net/soodina/182 상황 텍스트 자료속 데이터를 구조화된 데이터 포팅방식(표)으로 자료추출  <p>연도별 진북물 사용량 (톤) M-2</p> <p>웹사이트 구조화 데이터 (본문선은 순서기)</p> <ul style="list-style-type: none"> 발견된 패턴속 문제 구조 분석하고 시각화하기 웹사이트 표를 바탕으로 문제해결을 위한 알고리즘을 시각화하기  <p>웹사이트 표 분석 웹페이지 순서기 M-4-1</p> <ul style="list-style-type: none"> 발견된 패턴에 의한 문제해결 방안 발표하기 시각화된 알고리즘속에서 웹페이지 박사는 어떤 결정을 내렸는지 문제를 최적으로 해결사 방안 <p>포털명 결정에 대한 최적화 박사속 웹페이지박사 C-4</p>	<ul style="list-style-type: none"> 소속의 역사 http://www.chosun.ac.kr 조선일보실록 Online http://www.chosunilbo.com/online 조선일보실록 Online http://www.chosunilbo.com/online 	30'
결과에 대해 알아보기	 <p>수출물 순회기 장면</p> <ul style="list-style-type: none"> 다음 제시 공부할 내용 알아보기 다음 시간 학습 주제 알아보기 검기와 독감에 대한 조사 숙제(A4 1/2페이지이내) 		5'
지도 시 유의사항	<ul style="list-style-type: none"> 학생 수준에 따라 구조화 데이터에서 문제해결 알고리즘을 찾아내기 어려운 경우, 부분적인 지도교사의 개입(반구조화된 클로우 재보 질문에 한사 됨)을 통해 해결하도록 한다. 		

그림 18. '콜레라에서 감기까지' NGSS 컴퓨팅 사고 요소 2차시 분석 예시

분석결과는 다음과 같다.

표 22. ‘콜레라에서 감기까지’ NGSS 컴퓨팅 사고 요소 분석 결과

	K-2학년	3-5학년	6-8학년	9-12학년
1	정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것을 언제 사용할지 결정	제안된 사물 또는 도구가 성공 증거에 맞는지 확인하기 위하여 정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것이 적합한지 결정		
2	숫자로 세는 법을 사용하여 자연계 및 인공 세계에서 나타나는 규칙성 확인 및 기술	간단한 자료를 정리하여 관계의 규칙성 표현	디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성과 경향 분석 	현상, 설계된 도구, 과정 또는 시스템에 대하여 컴퓨팅적 모델이나 시뮬레이션 만들고 수정
3	여러 가지 물체의 정량적 특성을 기술, 측정하고 비교하여 간단한 그래프 자료로 표현 	물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제 다룸	수학적 표상을 사용하여 과학적 결론이나 공학적 해결책을 기술하고 뒷받침 	현상이나 설계안에 대한 수학적, 컴퓨팅적, 알고리즘적 표상을 사용하여 주장, 설명을 기술하거나 뒷받침
4	정량적 자료를 사용하여 문제에 대한 두 가지 대안적 해결책을 비교 	간단한 알고리즘에 따르는 그래프, 차트를 만들어 공학 문제의 대안적 해결책 비교 	1. 알고리즘을 만들어 문제 해결  2. 과학적 질문과 공학적 문제에 수학 개념 및 과정 적용 3. 디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 해결책 검증 및 비교	1. 대수, 함수 기법을 사용하여 수학, 공학적 문제를 표현하고 해결 2. 간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그램, 알고리즘 또는 시뮬레이션을 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인 3. 유도된 단위, 복합단위를 활용 복잡한 측정 문제 상황에서 단위 변화

프로그램 분석 결과 6-8학년에 해당하는 ‘디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성’과 ‘경향 분석하기와 알고리즘을 만들어 문제 해결하기’ 항목이 두드러지게 나타난 것을 확인하였다. 본 프로그램이 6학년을 대상으로 개발된 점을 감안할 때 NGSS 컴퓨팅 사고 요소가 프로그램에 잘 반영되어 있음을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 NGSS의 수학과 컴퓨팅사고와 컴퓨팅 사고 9가지 요소를 비교해보았다.

활동주제	콘 스노 고민에 빠지다		
활동장소	일반교실(6-4)	차시	1/6
준비물	프린터(B4), 콘스노맵 이미지 파일(JPEG), ArcGIS Online(웹자원), 활동지1		
활동목표	제시된 비구조 데이터에서 의미있는 데이터를 추출하여 분석한다. 추출된 데이터를 시각화하여 문제를 해결하여 분석한다.		

학습단계	교수 학습 활동	자료	시간 (분)
도입	<ul style="list-style-type: none"> 역사속(1854년) 콜레라 문제 발견하기 - 조선 : 철종 세도정치의 횡포가 심각, 돌림병 창궐 - 영국 : 콜레라 대유행기로 사망자 속출 	<ul style="list-style-type: none"> *사진 1,2 (100% zoom, 영구) *콘스노맵 파일(PDF 이미지 파일) 	5'
	<ul style="list-style-type: none"> 제시된 비구조 빅데이터(콘스노맵)에서 데이터 추출하기 콘스노맵(인간 지대 지도에 표지한 인연지대 콜레라 사망자 위치(검은 굵은선)와 산수도 맵핑도 위치(검은원 RUMP)를 확인 확인된 데이터를 어떻게 표현할지 모둠에서 토의 정해진 데이터 표현방식(예. 표, 도트맵 등)으로 자료수출 	<ul style="list-style-type: none"> *활동지1 	
	<ul style="list-style-type: none"> 제출된 지도(예. 출력물 또는 ArcGIS 등)에 추출 데이터 시각화 하기 - ArcGIS 콘스노맵 변환예시 참고하기 - ArcGIS 콘스노맵에서 벡시스템 다운로드 인쇄하고 추출된 데이터 시각화 방법 모둠별 토의 - 맵리프팅에 관계된 데이터 시각화 영역으로 매핑하기 	<ul style="list-style-type: none"> *ArcGIS(콘스노맵 변환예시) *www.arcgis.com/arcswidget/arcswidget1 	30'
		<ul style="list-style-type: none"> *출력자료1 *콘스노 박사님 결론을 미코교사가 이기하면 안되고 모둠별로 장려요로 데이터 시각화 활동을 바탕으로 모둠의 강점이 도출된다. 	M-2

자료수집

자료분석

자료표현

※ 꼭 지켜낸다.

- 발견한 패턴에 의한 문제해결방안 발표하기(모둠별)
- 시각화된 패턴속에서 콘스노 박사는 어떤 결정을 내렸을지 모둠의 의견을 정해서 발표
- 모둠별 결정에 대한 토의와 역사속 콘스노박사의 결정과 결과에 대해 알아보기

K-4

정리	<ul style="list-style-type: none"> 배운 내용 정리하기 다음 차시 공부할 내용 알아보기 - 다음 시간 학습 주제 알아보기 - 산술연에 대한 조사 숙제(A4 1/2페이지이내) 	5'
지도 시유의사항	<ul style="list-style-type: none"> ※ 장체 시간에 프린터 출력 방법 및 ArcGIS 사이트 기본메뉴를 미리 익혀 두어 수업에 활용하도록 한다. ※ 추출 데이터 시각화 활동 시 보다 창의적인 생각을 갖도록 유도하여야 한다. 	

그림 19. ‘콜라레에서 감기까지’ 2차시 NGSS 컴퓨팅 사고와 컴퓨팅 사고 세부요소 상관관계 분석

분석한 결과를 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다(그림 6).

	K-2학년	3-5학년	6-8학년	9-12학년
자료 표현	정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것을 언제 사용할 지 결정	제안된 사물 또는 도구가 성공 증거에 맞는지 확인하기 위하여 정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것이 적합한지 결정	자료 분석	시뮬레이션
	숫자로 세는 법을 사용하여 자연계 및 인공 세계에서 나타나는 규칙성 확인 및 기술	간단한 자료를 정리하여 관계의 규칙성 표현	디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성과 경향 분석	현상, 설계된 도구, 과정 또는 시스템에 대하여 전산적 모델이나 시뮬레이션 만들고 수정
	여러 가지 물체의 정량적 특성을 기술, 측정 하고 비교하여 간단한 그래프 자료로 표현	물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제 다룸	수학적 표상을 사용하여 과정 학적 결론이나 공학적 해결책을 기술하고 뒷받침	현상이나 설계안에 대한 수학적, 전산적, 알고리즘적 표상을 사용하여 주장, 설명을 기술하거나 뒷받침
	정량적 자료를 사용하여 문제에 대한 두 가지 대안적 해결책을 비교	간단한 알고리즘에 따르는 그래프, 차트를 만들어 공학 문제의 대안적 해결책 비교	1. 알고리즘을 만들어 문제 해결 2. 과학적 질문과 공학적 문제에 수학 개념 및 과정 적용 3. 디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 제안된 해결책 검증 및 비교	1. 대수 함수 기법을 사용하여 수학, 공학적 문제를 표현하고 해결 2. 간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그램, 알고리즘 또는 시뮬레이션 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인 3. 유도된 단위, 복합단위를 활용 복잡한 측정 문제 상황에서 단위 변화
		알고리즘 및 절차		

그림 20. NGSS 컴퓨팅 사고 요소와 컴퓨팅 사고 세부요소의 상관관계 결과

‘정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것을 언제 사용할지 결정’, ‘제안된 사물 또는 도구가 성공 준거에 맞는지 확인하기 위하여 정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것이 적합한지 결정’, ‘디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성과 경향 분석’은 컴퓨팅 사고 9가지 요소 중 자료 분석 요소와 중첩되는 것으로 나타났다. ‘숫자로 세는 법을 사용하여 자연계 및 인공 세계에서 나타나는 규칙성 확인 및 기술’, ‘여러 가지 물체의 정량적 특성을 기술, 측정하고 비교하여 간단한 그래프 자료로 표현’, ‘간단한 자료를 정리하여 관계의 규칙성 표현’, ‘물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제 다룸’은 자료표현 요소, ‘간단한 알고리즘에 따르는 그래프, 차트를 만들어 공학 문제의 대안적 해결책 비교’, ‘알고리즘을 만들어 문제 해결’, ‘현상이나 설계안에 대한 수학적, 전산적, 알고리즘적 표상을 사용하여 주장, 설명을 기술하거나 뒷받침’은 알고리즘 및 절차 요소, ‘현상, 설계된 도구, 과정 또는 시스템에 대하여 전산적 모델이나 시뮬레이션 만들고 수정’, ‘간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그램, 알고리즘 또는 시뮬레이션 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인’은 시뮬레이션 요소와 연관되어 있는 것을 확인 하였다.

또한, 컴퓨팅 사고 프로그램에서 또한 병렬화 요소에 대해 나타나지 않음을 확인하였다.

표 23 . 최종적으로 확정된 세부요소와 조작적 정의

컴퓨팅 사고 세부 요소	조작적 정의
자료수집	문제를 해결하기 위한 과학적 개념을 습득하거나 문제 해결 과정에서 실험, 검색 등을 통하여 관련된 자료를 모으는 과정
자료분석	수집하거나 제시된 자료를 분석하여 이해하고 패턴을 찾아 결론을 도출하는 것
자료표현	개념을 습득하거나 문제를 해결하기 위하여 데이터를 그래프, 차트, 글, 그림 등 자료를 변환하거나 정리하는 것
문제분해	문제를 해결하기 위하여 문제를 해결가능한 수준이 되도록 작게 나누는 것
추상화	여러 가지 데이터 혹은 해결방안 중에서 필요한 것을 추출하거나 필요 없는 요소를 제거하는 과정을 통해 문제를 해결하기 위한 방안을 세우는 것
알고리즘과 절차화	해결 방안에서 패턴을 찾아 알고리즘 또는 절차를 만드는 것
자동화	문제를 제시하였을 때 해결하기 위하여 문제해결을 위한 장치 및 방안(산출물)을 만들어 내는 과정
시뮬레이션	만들어진 산출물이 목적에 맞게끔 만들어졌는지 확인하는 것
일반화	산출물을 다양한 상황에 적용하여 현실적인 문제해결의 타당도를 높이는 것

과학교육입장에서의 세부요소와 조작적 정의에 대한 이해를 돕기 위하여 가이드라인이 필요하다는 것을 인지하고 각각의 세부요소에 해당하는 구체적인 예시를 제시하고자 하였다. 이를 통하여 컴퓨팅 사고 요소의 내용타당도를 구축하고, 개발한 세부요소가 교실상황의 과학수업에서 적용이 가능한지 알아볼 수 있으며, 컴퓨팅 사고 프로그램에 세부요소의 이해를 높일 수 있다. 전문가 집단과 전문가들은 여러 차례 회의를 통해 분석한 7개의 프로그램을 통하여 각 세부요소의 예시를 제시하였다[부록 3].

B. 교사 전문성 강화 연수를 통한 모범 가이드 개발

교사들의 인식

교사들은 4차례의 회의를 통하여 과학교육과의 컴퓨팅 사고 연계에 대하여 다음과 같은 인식 변화가 나타난 것으로 확인하였다.

먼저, 컴퓨팅 사고에 대하여 관심이 많고 이와 관련된 책을 집필 중인 김교사는 본 회의를 통하여 자신이 가지고 있는 컴퓨팅 사고에 대한 생각을 정교화하게 되었다고 한다. 컴퓨팅 기기를 이용하여 측정 장치를 개발하고 측정 장치로 인해 모아진 데이터를 가지고 개발한 산출물이 효과적인지 알 수 있어야한다는 생각에서 구체적으로 효율적인 컴퓨팅 사고 수업이 되려면 컴퓨팅 기기를 이용하여 데이터를 수집하고 이를 분석 및 표현하는 능력을 통하여 과학적 지식을 습득하고, 이를 활용하여 문제 해결을 위한 새로운 산출물을 도출해내는 과정이 필요하며 이 과정에서 또한 컴퓨팅 기기가 활용될 수 있으며, 데이터를 처리하기 위해 알고리즘을 어떻게 하면 효율적으로 짤 수 있을까?에 집중하는 것은 컴퓨터 과학, 데이터를 가지고 내가 원하는 자연현상을 관찰하거나 문제를 해결하기 위하여 알고리즘을 구성할 수 있었다는 과학에서의 컴퓨팅 사고 활용의 모습이라고 언급하며 구체적인 과학교육에서의 컴퓨팅 사고를 제시하였다.

과학교육에서 컴퓨팅 사고도입에 관하여 적극적이었던 손교사는 본 회의를 통하여 컴퓨팅 사고에 대한 개념 및 적용 방법에 대하여 알게 되었으며 기존의 컴퓨팅 사고 적용에 관하여 소프트웨어 사용 및 프로그래밍 언어에 대한 학습으로 인한 거부감을 표현했었다. 막연히 컴퓨팅의 시스템의 영향을 사용하는 것으로 인지하였는데, 회의를 통하여 과학교사 입장에서 컴퓨팅 사고란 학생들이 데이터를 보고 이를 해석하고 원하는 변수 및 모양에 맞게 표현하고 이에 대한 데이터 값이 맞는지 틀리는지 확인하는 비판적 사고를 포함한 아날로그적 사고가 바탕으로 디지털 도구 및 변환이 이루어져야 하며 센서를 이용하여 데이터를 측정하고 이에 대한 원리를 배우는 것은 기술과정에 속할 수 있지만, 이를 활용하여 자연현상의 데이터를 수집하여 과학적 원리를 알게 되거나 문제해결을 위해 과학적 원리를 바탕으로 컴퓨팅 기기를 활용하는 것은 과학 수업에서 할 수 있는 일이라고 구체적으로 제시하였다.

교사들은 공통적으로 기존의 학생들이 과학을 탐구할 때 아날로그적으로 막연하게 현상을 발견했다면, 컴퓨팅 도구를 이용하여 객관적으로 데이터를 측정하고 산출물을 구현하는 단계에서 과학적 원리를 사용하는 것이 앞으로 초등과학교육에서 이루어져야 하는 컴퓨팅 사고적용 수업이라는 점에서 과학교육에서 컴퓨팅 사고를 바라보았다. 도구의 활용과 약간의 과학을 결합하는 것을 컴퓨팅 사고로 정의하는 것은 억지스러우며 우리나라 대부분의 교사들이 과학수업에 아두이노나 스크래치를 활용하는 것을 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 수업이라고 생각하는데 이에 대한 인식개선이 필요하다고 언급하였다. 더 나아가 이러한 인식을 가지고 있는 교사들이 현장에서 적용할 수 있도록 구체적인 차시 제시 및 수업과정안이 설계되어야한다고 이야기하였다[부록 3].

STEAM 프로그램 수정·보완 회의를 통한 컴퓨팅 사고의 과학교육의 적용가능성 탐색
 과학교육 관점에서 컴퓨팅 사고 프로그램 가이드를 제시하기 위하여 STEAM 프로그램 ‘기
 후 변화’ 중학생용을 컴퓨팅 사고 세부요소 및 수정사항을 분석하여 표로 나타내었다.

표 24 . STEAM 프로그램 컴퓨팅 사고 세부요소 및 수정사항 분석 예시

1차시 프로젝트 소개 및 해결책의 방향 인식 (차시 및 주제)	
차시목표	1. 지구온난화를 완화시키기 위한 방안으로서 바이오 에너지의 장점을 활용하는 방법을 이해할 수 있다. 2. 바이오 에너지를 활용하기 위한 최적의 방안을 모색하는데 필요한 정보를 제시할 수 있다.
→ 프로젝트를 소개하면서 문제인식, 문제 분석 (차시 목표)	

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 동기부여 - 동영상을 통해 지구온난화에 대한 인식 - 동영상을 본 후에 의견 발표 (2) 미세조류 이용한 바이오디젤 개발 사례의 동영상을 추가로 보여준다. - 두 동영상에서 중심으로 알리려는 것이 무엇이었는지 조별로 발표한다. - 무엇이 중요한 문제일까? 를 생각해 보게 한다. (3) 학생들이 각자 환경공학자가 되었다고 상황을 설정하고, 정부에서 그들에게 미션 편지가 왔음을 알려주고, 미션편지를 조별로 나누어준다.	동영상 1번 동영상 2번 미션편지 준비	수업자료 1-1
전개 (25분)	(4) 학생들에게 조별로 환경공학자 그룹이 되어 모둠별로 주어진 미션을 해결하기 위해 브레인스토밍을 하게 한다. - 해결할 문제가 무엇인지, 무엇을 준비해야 하는지, 어떤 결과물을 만들어야 하는지를 브레인스토밍 한다. - 과제를 해결하기 위해서 먼저 알아야 할 내용이 무엇이 있는지 토의하고 발표한다.	미션편지에 제시된 프로젝트의 의미를 충분히 이해할 수 있도록 조별 논의 과정을 도와주도록 한다.	활동지 1-1
정리 (10분)	(6) 모둠별로 정리한 결과를 발표를 하게하고 이에 대해서 피드백을 서로 주고받게 한다.		활동지 1-1

문제를 해결가능한 수준의 작은 문제로 나누는 과정이 일어남 (문제분해)

(교수학습과정안에 나타난 컴퓨팅 사고 세부요소)

※ 해결책의 중요한 요소를 뽑는 과정까지 이루어진다면 추상화 요소가 반영된 수업이 될 것으로 생각됨. (수정 및 논의 사항)

‘기후 변화’ 중학생용 프로그램이 컴퓨팅 사고 세부요소가 두드러지게 나타나있으며 프로그램을 통하여 ‘기후 변화’ 주제에 따른 과학적 개념 습득이 잘 나타날 것으로 판단되어 이를 이용하여 컴퓨팅 사고 세부요소 및 수정사항을 분석하였다[부록 4].

‘기후 변화’와 ‘물 부족’ STEAM 프로그램의 경우 문제해결학습, 프로젝트 학습을 바탕으로 다양한 교과 융합을 중시하여 컴퓨팅 사고를 향상시키는 교육 프로그램으로 활용하기 좋은 것으로 판단하였다. 분석한 내용을 바탕으로 다음과 같은 사항을 수정·보완한다면 컴퓨팅 사고를 활용한 STEAM 프로그램으로 이용할 수 있다.

첫째, 변수를 다양하게 수정한다면 학생들이 최상의 방법을 찾아가는 과정 속에서 문제 분해, 추상화 과정이 가능해질 것이다. 본 프로그램에서 제시된 대부분의 교육과정은 교사가 주어진 키트를 토대로 학생들이 실험 및 해결방안을 구안하기 때문에 변수를 다양하게 수정한다면 더 많은 컴퓨팅 사고 요소가 반영될 것으로 판단된다.

둘째, 이산화탄소를 측정하는 장치를 구안한다면 데이터를 수집하면서 정량적으로 이산화탄소 수치가 감축하는 것을 확인할 수 있고 이에 대한 자료 분석과 자료 표현이 동반될 것이다. 위와 마찬가지로 본 수업에서 정확한 측정 장치가 없어 데이터에 대한 수집이 정량적으로 이루어지지 않는다. 따라서 측정 장치가 구안된다면 정확한 자료수집, 자료분석 및 표현과정이 가능할 것이다.

셋째, 본 수업에서 개발된 이산화탄소 증감 장치를 도시지역, 농촌지역 등 다양한 지역에 적용해보고 이에 대한 결과 값을 분석해보는 차이를 추가한다면 일반화 요소가 포함된 프로그램이 될 것으로 판단되어진다. 앞서 이야기한 이산화탄소 측정 장치가 구안된다면 학생들이 다양한 상황에 감축장치의 효과를 알아볼 수 있으며 이로 인한 일반화 요소가 두드러지게 나타나는 컴퓨팅 사고수업이 될 것으로 판단된다.

따라서, 도구의 활용과 약간의 과학을 결합하는 것을 컴퓨팅 사고로 정의하는 것은 제한적이며, 본 연구에서의 세부요소 및 조작적 정의를 이용하여 STEAM 프로그램을 분석하고 필요한 컴퓨팅 사고 요소를 추가한다면 성공적인 컴퓨팅 사고를 활용한 과학수업이 진행될 것이다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학교육 입장에서 컴퓨팅 사고를 적용하기 위하여 과학교육입장에서 컴퓨팅 사고의 세부요소 및 조작적 정의를 구안하였다. 이를 바탕으로 컴퓨팅 사고 실천에 대한 교사의 역량강화를 위해 교사연수를 통해 교사들이 이해하는 컴퓨팅 사고의 인식에 대해 파악하고 이를 바탕으로 현장에서 적용 가능한 컴퓨팅 사고의 실천 요소 및 정의에 해당하는 구체적인 사례를 무엇인지 파악하였다.

첫째, 과학교육 관점에서 활용 가능한 컴퓨팅 사고 세부요소 및 조작적 정의를 구안 하면서 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 적용과 필요성에 대해 정립하였다. 기존의 과학수업은 호기심을 바탕으로 하여 개념을 형성하는 과정이 주로 이루어졌다면 이제는 이러한 생성된 개념을 활용하는 문제해결과정에서 자료를 수집하고 분석 및 표현하며 실질적인 문제를 해결하는 과정에서 나타나는 구체적인 해결책이 기술과 공학의 관점을 포함하는 문제분해, 추상화, 알고리즘과 절차, 자동화, 시뮬레이션이 나타나게 할 수 있음을 확인하였다. 하지만 기술교육에서 언급되는 병행화는 과학교육에서는 시뮬레이션을 통한 최종 해결책이 다른 맥락에서도 적용가능한지를 파악하는 일반화로 의미로 변경하였다. 따라서 21세기에 필요한 학습자의 역량은 단순한 호기심의 만족을 위한 개념형성이 아닌 이를 확장한 개념의 활용으로 실질적인 문제를 파악하고 이를 해결하기 위해 필요한 공학적 및 기술적인 관점에서의 역량으로 파악된다. 개념을 형성하고 이를 활용하는 개념의 활용과정의 인지과정으로 컴퓨팅 사고 과정을 경험할 수 있다. 본 연구에서는 과학교육에서의 컴퓨팅 사고 요소의 반영은 확인되었으나 반영의 유무를 확인하였다. 따라서, 문제해결과정에서의 컴퓨팅 사고의 각 요소가 기존의 과학수업에서의 요소와는 어떻게 다르고 그 반영정도는 어떻게 구분 지을 수 있는지에 대한 정성적 및 정량적으로 측정가능한 분석도구의 체계화는 이루어질 필요가 있는 것으로 판단된다.

둘째, 본 연구를 통해 개발된 과학교육관점에서의 컴퓨팅 사고 구성요소 및 정의는 이론적인 방법으로 구안하였고, 실질적인 교육현장에서 사용가능지의 여부를 현장교사와의 협의과정을 통해 이루어졌다. 본 연구에서는 컴퓨팅 사고의 정의 및 실현가능성에 대한 자료를 현장의 교사로부터 수집하였다. 현장 교사는 2명의 초등교사로 연구에 참여하여 연구진과의 교사역량강화 연수를 통해 이들이 새롭게 인식하게 되는 컴퓨팅 사고의 이해와 실천가능성에 대한 부분을 파악하였다. 교사연수를 연구진과 교사들과의 모임으로 연구진이 개발한 이론적인 컴퓨팅 사고 분석틀을 제시하였다. 현장교사는 분석틀을 이해하고 파악함으로써 이론적으로 개발된 컴퓨팅 사고 세부요소 및 정의에

관한 분석틀을 현장에서 적용 가능한 실질적인 분석틀로 구현하였다. 이를 통해 교사들과 연구진사이에서는 이론과 실제의 괴리가 좁혀지는 과정이 일어났으며 참여한 교사들은 컴퓨팅 사고에 대해서 구체적인 인식을 도출하였다. 교사들은 현재의 교육과정에 맞춰 과학적 사고를 향상하는 기존의 수업에서 부분 혹은 전체적인 수정을 통하여 문제해결과정을 추가하고, 컴퓨팅 사고를 향상시킬 수 있는 수업으로 확장할 수 있음을 보여주었다. 또한 컴퓨팅 사고 구성요소는 일률적으로 나타나지 않으며 문제 상황이 언제 제시되느냐에 따라 자료수집, 분석 및 표현은 개념형성에 대한 단계이거나 또는 개념 활용에서의 단계로 구분되어 나타나날 수 있음을 확인하였다. 무엇보다 컴퓨팅 사고 과정에서 학생들이 시뮬레이션을 만들거나 그 만드는 과정을 이해하는 것이 중요한 역량이라고 이해하게 되었다. 이를 위해서는 단순한 개념형성이 아닌 현실세계의 문제가 무엇인지 파악하고 이를 해결하기 위해서는 자연현상에서 어떠한 변수를 선정하고 이들을 조합은 어떻게 해야 하는지에 대해서 교수하는 것이 중요하다고 인지하게 되었다. 이러한 연수 과정은 교사들의 인식변화 및 형성이 교과서와 같은 교재를 새롭게 구성하는 실천적인 지식의 변화를 가져올 수 있음을 확인하였다. 특히, 본 연구에서 이루어진 연수가 교사의 인식 변화 및 형성과 교사의 실천지식에 영향을 주었으며, 교사가 적극적으로 교사연수에 참여하는 참여현장연구(participatory action research)가 교사전문성 역량 강화에 도움이 된 것으로 판단되어진다. 따라서 기존의 일회적이고 단발로 실행되는 교사 연수에서 벗어나 인식변화가 일어날 수 있는 교사 연수가 진행되어야한다. 멘토-멘티 관계를 형성한 실질적인 수업교수방법이 필요하며, 장기간으로 기획하여 연수과정이 이루어져야한다.

마지막으로 컴퓨팅 사고의 구성요소 및 정의가 포함된 분석틀을 현장에 적용하기 위하여 특정한 내용으로 가이드를 개발하였으며 이는 앞으로 교사들에게 컴퓨팅 사고 실천에 대해서 인식 형성 및 교수실천에 도움이 될 것으로 보인다. 특히 가이드는 글로벌 이슈를 중심으로 하여 기존의 STEAM 프로그램을 중심으로 하여 컴퓨팅 사고 각 요소가 두드러지게 제시되어 기존의 프로그램에서 제한적으로 나타난 공학과 기술이 두드러지는 수정하였다. 가이드 개발을 통하여 교사들의 역량이 강화 될 수 있으며 교사 연수에 본 자료를 사용하여 교사들의 컴퓨팅 사고에 대한 이해를 도울 수 있을 것이다. 특히 매년 새로운 교육정책에 교사들이 경험하게 되는 고충을 조금이나마 덜고 완충작용을 할 수 있을 것으로 기대된다. 연구가 뒷받침 되지 않는 특정한 역량강화를 위해서는 이론연구가 충분히 된 상태에서 현재의 교육현장에서의 문제점을 자연스럽게 연계하여 해결책으로 새로운 교육역량강화를 시도해야 할 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서와 같이 연수가 진행된다면 STEAM 교육에 컴퓨팅 사고의 실천요소를 반영함으로써 STEAM 교육의 활성화를 시도하고 소프트웨어 등의 교육정책에 필수요소를 자연스

럽게 과학교육에 접목할 수 있으며 교사의 고충을 덜어줌과 동시에 이론과 실무가 적절하게 구성되어 교사들이 능동적으로 참여하여 교수개선을 하는 실질적인 교사연수가 강화될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- Alvin Toffler & Heidi Toffler(2006). 앨빈토플러 부의 미래, 청림출판.
- Barr, V. & Chris, S.(2011). Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community?, ACM Inroads, 2(1), 48-54p.
- Brennan, K. & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking, paper presented at annual American Educational Research Association meeting, Vancouver. BC, Canada.
- Computer Science Teacher Association(2011). computational Thinking Leadership Toolkit.
- Department for Education(2013). The national Curriculum in England-Framework document.
- Grover, S. & Pea, R.(2013). Computational Thinking in K-12: Review of the state of the field, Educational Researcher, 42(1), 38-43p.
- National Research Council (2012). A framework for K-12 Science education, Washinton. D.C: The National Academies Press.
- The College board(2013). Advanced Placement Computer Science Principles Draft Curriculum Framework.
- The International Society for Technology in Education(2011). Computational Thinking teacher resources second edition.

The International Society for Technology in Education & Computer Science Teacher Association (2011). Computational Thinking leadership toolkit.

Wing, J. M(2006). Computational Thinking, Communication of the ACM, 49(3), 33-35p.

Wing, J. M(2008). Computational thinking and thinking about computing, Phil .

강남화, 이은미(2013). 2009 개정 과학교육과정에 따른 고등학교 물리 교과서 탐구 활동 분석, 한국과학교육학회, 33(1), 132-143p.

과학기술정보통신부(2004). 지식 정보화 사회에서의 과학인재 육성을 위한 시도교육청 과학교육 제도 문제점 분석 및 개선방안, 인재정책총괄과.

곽혜정, 류희수(2016). 융합인재교육(STEAM) 연구 동향 분석, 과학교육연구지, 40(1), 72-89p.

국가교육과정정보센터(2016). 초중등학교 교육과정 총론 신규 대조표(최종).

권정인(2014). Computational thinking 기반의 교수-학습이 학습자의 창의적 문제해결에 미치는 효과성 연구, 성균관대학교 일반대학원 박사학위논문.

교육인적자원부(2007). 2007 개정 정보과 교육과정, 교육인적자원부 고시 제2007-79호.

교육과학기술부(2009). 2009 개정 교육과정 총론, 교육과학기술부 고시 제 2009-41호.

교육과학기술부(2011). 2009 개정 과학과 교육과정, 교육과학기술부 고시 제 2011-361호[별책 9].

교육과학기술부와 한국과학창의재단 (2012). 손에 잡히는 STEAM 교육, 한국과학창의재단 융합교육정책실.

교육부(2015a). 2015 개정 교육과정 총론, 교육부 고시 제2015-74호.

교육부(2015b). 과학과 교육과정, 교육부 고시 제 2015-74호[별책 9].

교육부(2015c). 소프트웨어 교육 운영 지침.

김병구(2001). 21세기 환경변화와 인재상. 학생생활연구, 6, 87-96p

김병조(2015). 초등 융합영재를 위한 Computational Thinking 기반 실생활 문제해결 수업콘텐츠 개발 및 적용, 한국교육대학교 대학원, 석사학위논문.

김순화, 함성진, 송기상(2015). 융합적사고력 신장을 위한 초등학생용 CT 기반 융합인재교육(CT-STEAM) 프로그램 개발, 컴퓨터교육학회 논문지, 17(6), 81-91p.

김병조, 전용주, 김지현, 김태영(2016). 초등정보융합영재의 창의성 향상을 위한 Computational Thinking기반 실생활 문제해결 수업콘텐츠 개발 및 적용, 교원교육, 32(1), 159-186p.

김진수(2007). 기술교육의 새로운 통합교육 방법인 STEM 교육의 탐색. 한국기술교육학회지, 7(3), 1-29p.

김현경, 나지연(2017). 2015 개정 과학과 교육과정의 적용에 대한 초·중학교 교사의 인식과 요구, 한국과학교육학회, 37(1), 103-112p.

남충모, 김종우(2011). Computational Thinking 기반 초등수학과 교수·학습활동 분석, 교육과학연구, 13(2), 325-334p.

노희진, 백성혜(2015). 스크래치를 활용한 고등학교 과학 수업에 대한 학생 인식, 한국과학교육학회, 35(1), 53-64p.

- 동효관, 하소현, 김용진(2015). 미국 차세대과학표준(NGSS) 수행기대와 한국 과학교육과정 성취기준의 비교 분석 : 중학교 생명과학의 내용요소와 교육목표를 중심으로, *교육연구*, 64, 95-125p.
- 박경은, 이상구(2015). “컴퓨팅 사고력(Computational Thinking)” 향상과 Sage 도구를 이용한 수학교육, *한국수학교육학회*, 29(1), 19-33p.
- 박구름(2017). 과학과 핵심역량 측정도구 개발 및 적용 가능성 탐색, *조선대학교 일반대학원 석사학위논문*.
- 박영신, 황진경(2017). 컴퓨팅 사고 실천 분석도구 개발 및 이의 활용에 대한 기초 연구, *대한지구과학회*, 10(2), 140~160p.
- 박현주, 변수용, 심재호, 백윤수, 정진수(2016). 우리나라 초·중·고등학교의 STEAM 교육 운영 현황 실태 조사, *한국과학교육학회*, 36(4), 669-679p.
- 송진웅, 나지연(2015). 2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화의 방향, *교과교육학연구*, 18(3), 827-845p.
- 심재호, 이양락, 김현경(2015). STEM, STEAM 교육과 우리나라 융합인재교육의 이해와 해결 과제, *한국과학교육학회*, 35(4), 709-723p.
- 안대영(2014). 수학교육에서 Computational Thinking의 이해, *한국수학교육학회*, 2014(2), 267-271p.
- 우정주(2012). STEAM 교육에 대한 고등학교 교사의 인식과 관련한 질적 연구, *이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 이광우, 정영근, 서영진, 정창우, 최정순, 박문환, 이봉우, 진의남, 유정애, 이경

- 언, 박소영, 주형미, 백남진, 온정덕, 이근호, 김사훈 (2014). 교과 교육과정 개발 방향 설정 연구, 한국교육과정평가원 연구보고 CRC 2014-7.
- 이영은, 이효녕(2014). 공학적 설계와 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램이 중학생의 과학, 수학, 기술에 대한 흥미, 자기효능감 및 진로 선택에 미치는 효과, 교과교육학연구, 18(3), 513-540p.
- 이효녕, 권혁수, 김미랑, 김용기, 남정철, 박경숙, 박병열, 서보현, 손동일, 오영재, 오희진, 이성수, 이영은, 전재돈, 정현일, 조현준, 한인기(2013). (과학탐구와 창의적 설계 기반의)STEM/STEAM 교육의 이해와 적용, 북스힐.
- 이영준(2008). Computational Thinking 향상을 위한 초·중등학교 정보 교육의 방향, 컴퓨터교육학회, 2(1), 17-21p.
- 이현동, 배태윤, 이효녕(2016). 지진에 대한 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램 개발과 적용, 한국지구과학회, 37(7), 476-488p.
- 정재화, 전재돈, 이효녕(2015). 융합인재교육(STEAM)의 정책과 실행 방향에 대한 국내외 전문가들의 인식, 과학교육연구지, 39(3), 358-375p.
- 정현도(2016). 중학교 자유학기제에 적합한 과학 탐구 중심의 융합인재교육 프로그램 개발 및 적용, 경북대학교 교육학석사학위논문.
- 최속영(2011). 21st Century Skills와 Computational Thinking 관점에서의 ‘정보’ 교육과정 분석, 컴퓨터교육학회, 14(6), 19-30p.
- 최속영(2016). 문제해결의 관점에서 컴퓨팅 사고력 증진을 위한 교수학습에 대한 연구. 한국컴퓨터교육학회, 19(1), 53-62p.
- 최재민(2017). STEAM 연구학교 프로그램에 제시된 핵심역량 분석, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.

- 최정원, 이은경, 김경훈, 이영준(2015). 2015 개정 정보 교과 교육과정에서 학습자의 컴퓨팅 사고력 평가 방안에 대한 제언, 한국컴퓨터교육학회, 19(2), 9-12p.
- 최형신(2014). Computational Thinking역량 개발을 위한 수업 설계 및 평가 루브릭 개발, 정보교육학회논문지, 18(1), 57-64p.
- 한국과학창의재단(2014). 초중등 단계 Computational Thinking 도입을 위한 기초연구.
- 함성진, 김순화, 박세영, 송기상 (2014). 융합적사고력 신장을 위한 초등학생용 CT 기반 융합인재교육(CT-STEAM) 프로그램 개발, 컴퓨터교육학회, 17(6), 81-91p.
- 황요한, 문공주, 박윤배(2016). 소프트웨어 활용 탐구 활동을 통한 고등학생의 프로그래밍과 컴퓨팅 사고력에 대한 인식 변화와 과학 학습에 대한 태도 조사 -스크래치와 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용을 중심으로-, 한국과학교육학회, 36(2), 325-335p.
- 황진경(2015). STEAM 프로그램에 반영된 컴퓨팅 사고(Computational Thinking) 실천의 탐색과 발전, 조선대학교 교육대학원 석사학위 논문.

[부록 2] STEAM 프로그램 ‘물부족’ 중학생용 NGSS 분석 내용

(1) 프로젝트 소개 및 해결책의 방향 인식

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 동기부여 - 동영상을 통해 지구온난화에 대한 인식 - 동영상을 본 후에 의견 발표 (2) 미세조류 이용한 바이오디젤 개발 사례의 동영상을 추가로 보여준다. - 두 동영상에서 중심적으로 알려려는 것이 무엇이었는지 조별로 발표한다. - 무엇이 중요한 문제일까? 를 생각해 보게 한다. (3) 학생들이 각자 환경공학자가 되었다고 상황을 설정하고, 정부에서 그들에게 미션 편지가 왔음을 알려주고, 미션편지를 조별로 나누어준다.	동영상 1번 동영상 2번 미션편지 준비	수업자료 1-1
전개 (25분)	(4) 학생들에게 조별로 환경공학자 그룹이 되어 모둠별로 주어진 미션을 해결하기 위해 브레인스토밍을 하게 한다. - 해결할 문제가 무엇인지, 무엇을 준비해야 하는지, 어떤 결과물을 만들어야 하는지를 브레인스토밍 한다. - 과제를 해결하기 위해서 먼저 알아야 할 내용이 무엇이 있는지 토의하고 발표한다. <p style="text-align: right;">E-1</p>	미션편지에 제시된 프로젝트의 의미를 충분히 이해할 수 있도록 조별 논의 과정을 도와주도록 한다.	활동지 1-1
정리 (10분)	(6) 모둠별로 정리한 결과를 발표를 하게하고 이에 대해서 피드백을 서로 주고받게 한다.		활동지 1-1



(1차시에서 주어진 미션을 해결하기 위해 브레인스토밍을 하는 과정에서 문제를 해결하기 위한 자료를 찾는 활동을 통해 ‘제안된 사물 또는 도구가 성공 준거에 맞는지 확인하기 위하여 정량적 자료와 정성적 자료 중 어느 것이 적합한지 결정하기’ 부분이 나타남)

(2) 우리나라의 기후는 얼마나 변했을까요?

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	(1) 기후가 변한 것을 가장 잘 알려주는 기상 요소가 기온과 강수량임을 알려준다. - 비교적 장기간 동안의 기온과 강수량이 변화한 경향을 분석하여 기후 변화를 확인할 수 있음을 알려준다. (2) 우리가 살고 있는 지역의 기후가 변했을까? 학생들에게 질문해 보고, 의견을 들어본다. - 우리나라의 기후 변화 정도를 기온과 강수량의 변화 경향을 분석하여 알아보는 활동을 해 보자고 한다.	기온/강수량의 데이터를 기상청에서 얻을 수 있음을 알려줌	수업자료 2-1
전개 (35분)	(3) 기상청(홈페이지)의 기후 자료에서 최근 5년(2007-2011)간 월별 평균 기온, 평균 강수량을 나타낸 그래픽 데이터 (월별 분포도)를 주고, 기후의 변화 양상을 파악하게 한다. (4) 학생들에게 격자판이 인쇄된 TP 필름을 1인당 1장씩 나누어준다. 평균기온(강수량) 분포도 위에 격자판을 올려 놓고, 각 색깔별 격자 눈금의 수를 세어 월별, 연도별 기온 /강수량의 변화 경향을 분석하게 한다. (5) 조별로 수집된 자료를 분석한 내용을 종합하여 5년 동안 두 기후 요소가 어떻게 변화하였는지 표현하는 방법을 토의 한다. (6) 전지(또는 2절지)에 조별로 기온/강수량의 변화 경향을 다양한 방식으로 나타낸다.	격자판은 눈금의 크기가 큰 것을 준비한다. 그래프만을 요구하지 말고 다양한 형태의 표현 방식을 생각하게 한다.	수업자료 2-1 활동지 2-1
정리 (5분)	(7) 조별로 기온/강수량의 5년간 변화 경향을 표현한 결과물을 전시하고 발표한다. - 실제로 기후 변화는 최소 30 년간의 기후 요소 (기온, 강수량 등)의 변화 경향을 바탕으로 기술하게 됨을 학생들에게 설명해 준다.		활동지 2-1

(2차시에서 우리나라의 기후변화를 알아보기 위하여 기상청에서 기후 자료를 찾아 분석하고 기후 변화 양상을 그래프로 표현하는 하고, 기온/강수량의 변화를 다양한 방식으로 나타내는 활동에서 ‘디지털 도구를 사용하여 매우 많은 자료에서 규칙성과 경향 분석하기’ 부분이 나타남)

(3) 왜 온실 효과라고 할까요?

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	<p>(1) 앞서 2차시에서 했던 기온/강수량의 변화가 왜 나타났는지 자기 생각을 얘기해 보게 한다.</p> <p>- 오늘의 학습목표는 기후 변화의 원인으로 온실 효과가 무엇인지, 왜 온실 효과라고 하는지 알아보는 것임을 알려준다.</p> <p>(2) 주어진 실험 1을 수행하도록 한다.</p> <p>(3) 특수 필름을 사용한 스티로폼 통의 온도가 높아지는 것을 확인하고, 왜 그런 현상이 발생하는지 설명하는 가설을 세우게 한다.</p>	<p>실험1의 온실은 미리 준비해 두고 바로 실험을 시작한다. 도입 단계의 실험</p> <p>가설은 이후 수업의 기초가 됨</p>	<p>수업자료 3-1 활동지 3-1</p>
전개 (30분)	<p>(4) 조별로 세운 가설을 검증하기 위한 2차 실험을 구상하고, 실험 도구를 선택하여 실험을 수행한다.</p> <p>- 실험 2가 어떤 재료를 선택하여 무엇을 확인하기 위한 실험인지 명확하게 인식하게 한다.</p> <p>(5) 실험 결과를 확인하고, 가설의 오류 여부를 검증한다. 그리고 실험 1과 실험 2의 결과를 서로 비교한다.</p>	<p>필름의 특성을 모르는 상태에서 그 특성에 대한 조별 의견을 검증할 수 있는 가설을 세우도록 한다.</p>	<p>활동지 3-1</p>
정리 (5분)	<p>(6) 실험1에서 사용한 필름이 열 흡수 필름임을 알려주고, 그 필름의 물리적 특성을 활용하여 지구 대기층에서 형성 되는 온실 효과에 대해 보충하여 설명해 준다.</p> <p style="text-align: right;">M-4-3</p>	<p>온실효과라 부르는 이유와, 대기의 온실 효과는 어떤 특징이 있는지 강조할 것</p>	<p>수업자료 3-1 활동지 3-1</p>

(3차시에서 온실효과에 대한 개념을 알아보기 위하여 조별로 가설을 세워 실험을 수행하고 실험을 통하여 가설에 대한 과학적 사실을 증명하고 논증하는 활동에서 ‘디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 해결책 검증 및 비교하기’ 부분이 나타남)

(4) 온실기체는 무엇인가요?

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	(1) 3차시에서 사용한 필름은 온실 효과 현상을 알아보기 위해서 사용하였지만, 지구의 대기는 필름이 아니라 기체를 알려준다. 그렇다면 실제의 기체도 필름과 같이 온실 효과를 나타내는지? 그렇다면 어떤 기체가 온실 효과를 강하게 발생시키는지 알아보자.	실제 기체의 온실효과 정도를 비교하는 것임을 인식하게 한다.	수업자료 4-1
전개 (25분)	(2) 페트리 접시 3개에 이산화탄소, 수증기, 일반 건조공기를 담고 뚜껑을 덮어서 각각 서로 다른 대기 성분으로 이루어진 지구의 대기층을 표현하고, 백열전구를 비추어 15분 동안 시간에 따른 온도 변화를 관찰한다. - 실험 전에 실험 결과를 예상해 보게 하고, 예상의 근거도 함께 제시하도록 한다. - 실험 후에는 실험 결과를 앞서 예상한 것과 비교하도록 한다. (3) 실험 결과를 근거로 온실 효과에 더 많은 영향을 주는 기체는 무엇인지, 그리고 그 기체는 어떤 성질을 가진 것인지 발표하게 한다. E-3	드라이아이스를 승화시켜 이산화탄소를 얻을 때 냉각에 의한 사고가 발생하지 않도록 주의한다. 기체에 의한 온실효과를 앞 차시의 필름에 의한 온실효과와 비교하여 추리할 수 있게 한다.	수업자료 4-1 활동지 4-1
정리 (15분)	(4) 현재 공기의 주성분은 무엇인지 토론해보고, 실험 결과를 바탕으로 어떤 결론을 내릴 수 있는지 토의하고 설명해보자.		활동지 4-1

(4차시에서 온실효과에 영향을 주는 기체를 알아보기 위해 실험을 통하여 과학적 근거를 찾아내는 활동에서 ‘물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제를 다룸’ 부분이 나타남)

(5) 나의 녹조류는 어떤 모습일까요?

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 앞서 1차시에서 제시했던 미션 편지를 한 번 더 보여주고, 이 프로젝트의 주제를 기억하게 한다. - 미세조류의 바이오매스를 이용하여 기름을 만들 수 있음을 보았다는 것을 환기시킨다. (2) 녹조가 발생한 하천의 물을 집기병에 담아 자세히 관찰하고, 녹조류가 어떤 것인지 알아보게 한다. - 조별로 관찰한 내용을 간단히 발표하게 한다.	녹조 하천수가 없으면 사진 자료를 활용할 수도 있음	
전개 (25분)	(3) 미세조류(녹조류)의 특징에 대해 간단하게 설명해 준다. (4) 주어진 녹조류를 현미경으로 관찰하여 스케치하고, 녹조류에서 엽록체를 찾아보게 한다. (5) 녹조류의 광합성으로 이산화탄소를 소비하게 됨을 알려 주고, 녹조류의 바이오매스를 이용하는 과정에서 대기 중의 이산화탄소량을 줄일 수 있는 방법에 대하여 조별로 의견을 이야기하고 토의하게 한다. <div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">M-3</div>	조류 생물을 자세히 설명할 필요는 없다. 상식 수준의 설명만으로 충분함	수업자료 5-1 활동지 5-1
정리 (15분)	(6) 녹조류를 인공적으로 길러서 광합성을 촉진하는 장치를 만들 수 있음을 알려 주고, 이 방법으로 이산화탄소를 줄일 수 있음을 인지하게 한다.	이산화탄소를 감축하는 것과 동시에 녹조류를 이용한 바이오디젤 에너지를 사용할 수 있음을 안다.	

(5차시에서 녹조를 관찰하여 녹조가 광합성으로 이산화탄소를 소비하게 됨을 학습하는 활동과 이 과정에서 이산화탄소량을 줄일 수 있는 방법을 토의하여 산출물을 구안하는 활동에서 ‘수학적 표상을 사용하여 과학적 결론이나 공학적 해결책을 기술하고 뒷받침하기’ 부분이 나타남)

(6) 과제 해결책 의견 교환

(7) 미세조류 이용한 이산화탄소 감축 장치 모형 제작

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (30분)	(1) 조별로 프로젝트의 결과물이 갖추어야 할 기준과 조건에 대하여 토의한다. (2) 조별로 토의한 기준과 조건을 바탕으로 “녹조류를 이용한 이산화탄소 감축 장치”에 대한 아이디어를 기획하고 설계도로 정리하여 발표한다. (3) 조별로 작성한 장치의 설계도에 적용된 원리에 대하여 발표하고, 전체 토의 과정을 통해 각 조의 아이디어에서 결정적인 오류가 있는지 여부를 확인해 본다.	부분적인 오류나 제한점이 있어도 최소한의 결과가 나올 수 있으면 그대로 둔다.	수업자료 1 활동지 1
전개 (50분)	(4) 앞 차시에서 논의했던 결과물의 구비 조건과 기준에 맞추어 저비용, 고효율, 과학적 정확도를 고려하여 가장 효율적인 모델을 제작하도록 한다. (5) 조별로 다양한 재료들을 나누어 주고, 각자 구상한 아이디어와 설계도에 맞추어 재료를 선택하여 이산화탄소 감축 장치를 제작한다.	학생들이 모형을 제작할 때 안전사고에 유의하도록 한다.	수업자료 2
정리 (10분)	(6) 모둠별로 제작한 이산화탄소 감축 장치를 보고 교사는 다시 한번 각 장비의 특징과 이를 통해 녹조류가 하는 역할, 그리고 이것이 기후변화에 어떠한 관계가 있는지를 마지막으로 확인하도록 한다.	H-4-2	

(6-7차시에서 녹조류를 이용한 이산화탄소 감축장치에 대한 아이디어를 기획하고 설계도를 작성하여 설계도에 적용된 과학적 원리와 결과물을 산출하기 위하여 고려해야 할 사항을 정리하고 이러한 산출물이 기후변화에 어떠한 관계가 있을 것인지 알아보는 활동에서 ‘간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그램, 알고리즘 또는 시뮬레이션을 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인하기’ 부분이 나타남)

(8) 이산화탄소 감축 장치 시제품 모형의 검토

교수학습 과정안

수업 단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 조별로 제작한 모형을 전체 학급 앞에서 보여주고 그 원리와 과정, 특징을 발표하게 한다. - 발표 전에 이산화탄소 감축 장치가 갖추어야 할 조건에 대하여 간단히 알려준다.	발표에 꼭 들어가야 할 요소에 대해 간단히 알려준다.	
전개 (25분)	(2) 각 조의 모형 작품이 어떤 장단점이 있는지 검토하고 의견을 발표한다. (3) 검토 의견으로 제시된 내용에 대하여 조별로 어떻게 수정할 수 있을지 토의하고, 장치를 수정한다. H-4-2	여러 조에서 제기된 단점들을 충분히 수정할 수 있도록 한다.	수업자료 8-1 활동지 7-1
정리 (15분)	(4) 수정한 완성된 장치를 모둠별로 완성시키고, 녹조류를 넣기 전에 유의점에 대해 알려 준다. (5) 학생들의 완성 작품이 기후 변화를 완화시키는데 어떤 역할을 할 수 있는지 생각해 보게 한다. M-4-3	완성된 장치는 녹조류를 이용하여 어떤 역할을 하게 되는지 기후변화와 연관하여 다시 정리를 하도록 해주도록 한다.	

(8차시에서는 완성된 산출물을 검토하고 장치를 수정하는 과정속에서 ‘간단한 제한적 사례를 사용하여 수학적 표현, 컴퓨터 프로그램, 알고리즘 또는 시뮬레이션을 검증하고 그 결과를 실제 발생하는 것과 비교함으로써 모델 확인하기’ 부분과 완성된 장치를 토대로 기후 변화를 완화시키는데 어떠한 역할을 할지 알아보는 과정을 통해 ‘디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 해결책 검증 및 비교하기’ 부분이 나타남)

(9) 이산화탄소 감축 장치 최종 점검 및 완성!

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 이산화탄소 감축 장치가 이산화탄소를 얼마만큼 소비했는지 알아보기 위한 방법으로 무엇이 있을지 조별로 토의해 본다.		
전개 (25분)	(2) 학생들이 작성한 검사 항목을 발표한 뒤, 교사가 산/염기 지시약을 활용할 수 있음을 알려준다. (3) 학생들이 제작한 이산화탄소 감축 장치를 이용하여 이산화탄소 감축 효과를 보고자 할 때 무엇을 관찰 측정해야 하는지를 토의하여 기록해본다. <div style="text-align: right;">E-3</div>	다양한 방법이 나올 시 각각 적절한지 그렇지 않은지를 토의한다.	수업자료 9-1 활동지 9-1
정리 (15분)	(4) 1주일동안 이산화탄소 감축 장치기 학습목표 반응기를 적절한 장소에 설치를 하고 모듬별로 관찰을 기록하도록 한다.		

(9차시에서 학생들이 제작한 이산화탄소 감축 장치를 이용하여 효과를 보고자 할 때 무엇을 관찰 측정해야하는지 토의하고 활동지에 기록하는 활동에서 ‘물리량을 기술, 측정, 추정하고 그래프로 표현하여 과학, 공학적 질문 및 문제 다룸’ 부분이 나타남)

(10) 이산화탄소 감축 장치 개발 프로젝트 발표회

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	<p>(1) 일주일동안 모둠별로 관찰한 이산화탄소 감축장치에 의한 광 생물 반응이 어떻게 진행되어 왔는지를 발표하도록 준비한다. 발표 시 유의사항이 있으면 언급한다.</p> <p>(2) 각 모둠별로 어떻게 평가할 것인지 자기평가 동료평가 모둠별의 평가 방법을 설명한다.</p> <p style="text-align: center;">M-4-3</p>		
전개 (40분)	<p>(3) 모둠별로 준비한 프로젝트 결과를 발표한다. 발표하는 동안에는 발표자는 과학자들처럼, 듣는 학생들은 과학자에게 궁금한 것이 많은 일반시민이나 다른 과학자 단체처럼 과학적 지식이 발표되는 학회장의 분위기를 조성하여 진행하도록 한다.</p> <p>(4) 교사는 각 모둠별로 발표한 것에 대해서 좌장의 역할을 하며, 학생들이 경험해야 할 과학의 본성에 대해서도 계속 언급하도록 한다.</p>	<p>10차시를 하기 전에는 1주일동안에 관찰한 것을 가지고 어떻게 발표를 할 것인지에 대해서는 자유롭게 말긴다.</p> <p>하지만 모듬발표가 끝난 후에는 교사는 실험을 통해서 경험해야 할 과학의 본성 즉 융합과학으로서 경험해야 할 감성적 체험에 대해서 언급한다.</p>	발표가이드라인
정리 (5분)	<p>(5) 모듬별로 발표한 것에 대해서 서로 평가를 해준다.</p> <p>(6) 교사는 전체적인 프로젝트의 진행과정을 처음부터 끝까지 간단하게 설명하고 오늘 발표한 결과가 앞으로 우리에게 주는 의미가 무엇인지 언급한다.</p>		

(10차시에서 일주일동안 모듬별로 어떻게 진행되어 왔고 어떻게 평가할 것인지에 대하여 발표하는 활동에서 ‘디지털 도구 및 수학적 개념, 논증을 사용하여 공학적 설계 문제에 대한 해결책 검증 및 비교’ 부분이 나타남)

[부록 2] 컴퓨팅 사고 세부 요소 및 조작적 적의 예시

표 1. ‘자료수집’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

자료 수집

문제를 해결하기 위한 과학적 개념을 습득하거나 문제 해결 과정에서 실험, 검색 등을 통하여 관련된 자료를 모으는 과정

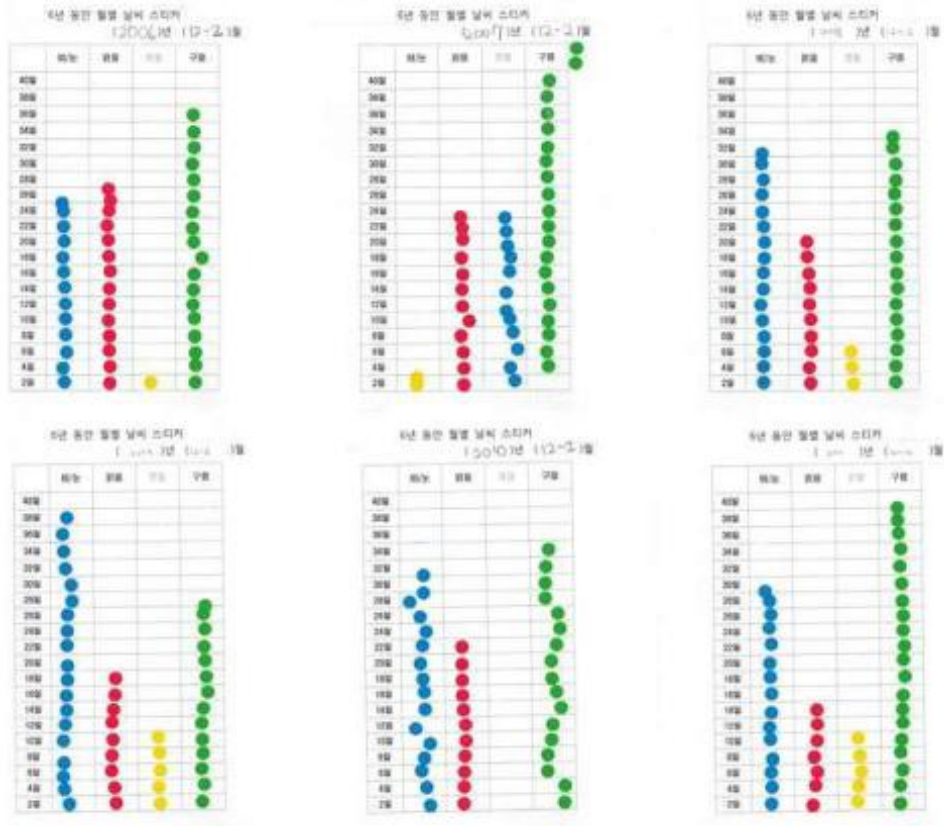
	비/눈	맑음	흐림	구름
2006년				
3월 - 5월	34	21	5	32
6월 - 8월	43	5	9	35
9월 - 11월	19	26	6	40
12월 - 2월	25	27	2	36
2007년				
3월 - 5월	25	24	3	39
6월 - 8월	42	2	12	36
9월 - 11월	29	21	5	34
12월 - 2월	23	23	3	42
2008년				
3월 - 5월	24	34	5	19
6월 - 8월	42	7	15	28
9월 - 11월	30	22	6	33
12월 - 2월	31	20	6	33
2009년				
3월 - 5월	26	46	2	31
6월 - 8월	49	11	4	28
9월 - 11월	23	28	5	35
12월 - 2월	38	19	6	27
2010년				
3월 - 5월	34	22	9	27
6월 - 8월	49	3	6	34
9월 - 11월	22	26	2	41
12월 - 2월	31	25	0	34
2011년				
3월 - 5월	24	31	7	30
6월 - 8월	46	5	17	23
9월 - 11월	25	31	8	26
12월 - 2월	29	13	10	39

▲ 기후에 대한 개념을 습득하기 위해 10년 동안 날씨 자료 수집하기

표 2. ‘자료분석’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

자료분석

수집하거나 제시된 자료를 분석하여 이해하고 패턴을 찾아 결론을 도출하는 것



▲ 기후에 대한 개념을 습득하기 위해 날씨 자료를 분석하기

표 3. ‘자료표현’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

자료표현

개념을 습득하거나 문제를 해결하기 위하여 데이터를 그래프, 차트, 글, 그림 등의 자료로 변환하거나 정리하는 것

한반도 주변 어종 분포 변화

좋은 점	새로운 물고기가 많이 잡힌다.
안 좋은 점	바다가 계속 따뜻해지면서 근해에서 잡히는 물고기 종류가 단순해진다.
기타	기후의 급격한 변화로 물고기가 적응하지 못해 폐사한다.

▲ 기후 변화로 인한 장단점 알아보기 위하여 분석한 자료를 바탕으로 좋은 점, 안 좋은 점을 정리하여 표로 나타내기

표 4. ‘문제분해’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

문제분해

문제를 해결하기 위하여 문제를 해결가능한 수준이 되도록 작게 나누는 것



미세조류를 이용한 이산화탄소 감축 방안

프로젝트 과제

미세조류의 바이오매스를 이용하여 이산화탄소를 감축하고 지구 온난화를 완화시킬 수 있는 가장 효과적인 해결책

프로젝트 결과물이 갖추어야 할 기준과 조건에 대한 조별 토의 결과


  	
--	--

▲ 미세조류를 이용한 해결책을 찾기 위해 결과물이 갖추어야 할 기준과 조건 토론하기

표 5. ‘추상화’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

추상화

여러 가지 데이터 혹은 해결 방안 중에서 필요한 것을 추출하거나 필요 없는 요소를 제거하는 과정을 통해 문제를 해결하기 위한 방안을 세우는 것

 미세조류를 이용한 이산화탄소 감축 장치 검토

● 검토 항목 선정

각 조별로 제작한 이산화탄소 감축을 위한 장치를 검토하기 위한 항목을 모둠별 토의를 통해 선정해봅시다.

이산화탄소를 소비하기 위해서는 녹조류의 광합성을 최대한으로 해야 한다.
 어떤 조건이 있어야 하는지를 의논하여 적어봅시다.

-
-
-
-
-
-
-
-

● 이산화탄소 감축장치 검토 결과

각 조별로 제작한 이산화탄소 감축을 위한 장치를 검토항목을 기준으로 모둠별로 토의를 통해 검토하여 장단점을 찾아보고 개선방향을 제시해봅시다.

-
-
-
-
-

▲ 회의 내용 중 이산화탄소 감축 장치를 검토하기 위한 요소 선정하고 개선하기

표 6. ‘알고리즘과 절차’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

알고리즘과 절차

문제를 해결하기 위하여 패턴을 찾아 알고리즘 또는 절차를 만드는 것

■ 효과적인 물 정화를 위한 키트의 구성과 모습(어떤 재료를 어떤 순서로 넣을 것인지)을 그려보세요. 그리고 우리 모둠에서 키트 설계에 있어서 중점을 둔 측면은 무엇인지 적으세요.

<물 정화 키트 설계도>	<우리 모둠 물 정화 키트의 중점 사항>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;">자갈</p> <hr/> <p style="text-align: center;">모래</p> <hr/> <p style="text-align: center;">화산석</p> <hr/> <p style="text-align: center;">무연탄</p> <hr/> <p style="text-align: center;">석류석</p> </div>	<p>자갈을 먼저 크기가 큰 먼지 알갱이를 거르기 위해 첫 번째로 쌓은 후 모래는 자갈과 같은 역할을 하는데 좀 더 미세한 입자를 거르기 위해 사용하였다. 그리고 화산석은 항균력을 위해 사용하였고, 무연탄은 유기물 및 미세입자를 제거하기 위해 사용한 후 마지막에 석류석으로 무기물을 제거하였다.</p>

▲ 물정화 키트를 제작하기 위하여 절차 만들기

표 7. ‘자동화’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

자동화

문제를 제시하였을 때 해결하기 위하여 문제해결을 위한 장치 및 방안(산출물)을 만들어 내는 과정

1. 탁도 및 이물질 제거

- (1) 재료: 자갈, 모래, 무연탄, 활성탄, 석류석
- (2) 재료 배치 순서: 상단에서부터 자갈, 모래, 무연탄, 활성탄, 석류석 순으로 충전
- (3) 실험 대상: 굵은 모래와 가는 모래를 섞은 흙탕물
- (4) 결과: 탁도 실험에서는 총 두 번에 걸쳐 흙탕물(그림 2(b))을 정화하였으며, 1회 정화 결과(그림 2(b)) 흙탕물의 탁도가 투명해진 것을 볼 수 있다. 그리고 2회 정화(그림 2(c))는 재료들을 한번 세척한 이후에 정화를 하였으며, 최종적으로 미세 이물질 및 탁도가 더욱 투명해졌음을 볼 수 있었다.



그림 1. 물 정화 키트

▲ 물 정화 문제를 해결하기 위하여 물 정화 키트 만들기

표 8. ‘시뮬레이션’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

시뮬레이션


만들어진 산출물이 목적에 맞게끔 만들어졌는지 확인하는 것

이산화탄소 감축 장치 최종 점검 및 완성!

교수 활동

(1) 학생들이 프로젝트의 최종 결과물로 만들어 낸 이산화탄소 감축 장치가 이산화탄소를 얼마만큼 소비했는지 알아보기 위한 방법으로 무엇이 있는지 알아보려면 어떻게 해야 할지 조별로 토의해 본다.


- ▶ 무엇을 검사해야 하는지 검사 항목의 목록을 조별로 작성해 본다.

 토의

(2) 학생들이 작성한 검사 항목을 발표한 뒤, 교사가 산/염기 지시약을 활용할 수 있음을 알려준다.

- ▶ 물속에 이산화탄소가 녹아 있으면 물은 약한 산성을 띠게 된다.

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$$
- ▶ 녹조류가 광합성으로 이산화탄소를 소비하면 물속에서 탄산 생성 반응이 감소하므로 수소 이온의 양도 감소하여 pH가 낮아져 물의 산성도는 중성에서 염기성으로 변하게 된다.
- ▶ 녹조류를 배양하기 전에 원통에 있던 물을 떠내어 BTB(Bromothymol blue) 용액을 떨어뜨리면 연한 노란색을 띤다.
- ▶ 일정한 시간이 지난 후에 원통의 물을 떠내어 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 띠게 된다.



산성 중성 염기성

(3) 학생들이 제작한 이산화탄소 감축 장치의 이산화탄소 감축 효과를 측정할 때 무엇을 주의해야 할지 조별로 토의해 본다.

▲ 이산화탄소 감축 장치가 제대로 구안되었는지 확인하기

표 9. ‘일반화’ 요소에 대한 조작적 정의 및 예시

일반화

산출물을 다양한 상황에 적용하여 현실적인 문제해결의 타당도를 높이는 것

우리가 생각할 때 이상적인 도시의 물 관리 시스템 모델은 무엇인가요?

- 상수 확보(저장, 관리 포함) 방안, 상수 보급 방안, 하수 처리 방안, 물 관리 시스템에 드는 비용 문제 등을 모두 고려하도록 하세요.



- ▲ 물 정화 키트를 활용하여 저장, 관리, 보급, 하수 처리 등의 다양한 상황을 고려하여 물 관리 시스템

[부록 3] 컴퓨팅 사고 연수를 통한 교사들의 인식

표 1. 2/25, 4/15 회의에 나타난 교사들의 인식

	2/25	4/15
김 t	<ul style="list-style-type: none"> * 이산화탄소 감축장치를 만드는 것을 가지고 CT를 쓰면 안 되고 이산화탄소가 줄어드는 것이라는 가설에 대한 검증을 하는 검증 장치를 만들어 이를 이용하여 이산화탄소가 줄어든 것을 측정하여야함. * 학생별로 다양한 감축장치를 설계한 후 이산화탄소 검증 장치를 이용하여 이산화탄소가 줄어든 것을 측정함. * 감축장치를 만드는 것 자체는 CT가 아님. * 제작하기 위하여 여러 가지 요소를 결정하기 위한 데이터 시트가 없고, 알고리즘을 설계하기가 어려움. * 자료를 관찰하여 수집하고 분석해서 표현하는 것이 CT. 이 자료가 더 효과적인지 표현하는 것. (지식 생성 과정 속 CT) * 컴퓨팅 기기를 이용하여 측정 장치를 개발하고 측정 장치로 인해 모아진 데이터를 가지고 개발한 산출물이 효과적인지 알 수 있어야함. * 어떠한 자연환경일 때 많이 줄어든다, 학습목표(미션)의 분명화가 중요하며 이에 따라 CT가 가능한 수업으로 바 	<ul style="list-style-type: none"> * 자신이 가지고 있는 CT에 대한 생각을 정교화 하는 과정 * 디지털화 된 자료를 변환하기 위해서 CT가 필요함. * 다양한 출력 값을 조정하면서 자연현상을 제어하는 등 산출물을 조절하면서 시뮬레이션, 자동화, 병렬화 과정을 한번에 진행함. * 소프트웨어에서는 고차원적인 사고를 추구하면서 학생들의 수준이 격차가 생김(언어의 난이도가 높아짐). * 소프트웨어와 다른 교과와의 연계가 필요함. * 컴퓨팅 기기에 대한 원리를 습득하고 이를 이용하여 자료를 얻고 이를 활용하는 것. * 아날로그 실험이 필요하고 이를 확장(데이터 처리능력)이 중요함. * 기존의 관찰방법(아날로그적인 실험)과 디지털적인 측정을 병합하는 것이 중요함. * 센서를 통하여 데이터를 받는 과정은 기술을 활용한 것이고, 이렇게 수집된

<p> 쥘 수 있음. </p> <ul style="list-style-type: none"> * 자동화란 이산화탄소 감축장치는 측정된 데이터를 바탕으로 새로운 알고리즘을 구한하여 빛이 일정 수준 이하면 빛이 커지고, 온도가 일정 수준 이하로 내려가면 온도를 올려주고 하는 장치가 자동으로 켜지도록 하는 것. * 근거를 효과적으로 만들어 주는 게 컴퓨팅 * 해결가능한 문제로 문제를 나누는 것이 문제 분해 * 자료수집, 자료분석, 자료표현의 지식생성과정에서 관련된 교과 지식을 습득하고 이를 적용하는 과정에서 문제분해, 추상화, 알고리즘 및 절차, 자동화, 시뮬레이션, 병렬화 과정이 활용됨. 	<p> 데이터를 분석하고 활용하는 것은 과학의 영역 </p> <ul style="list-style-type: none"> * 해석한 것을 어떻게 표현할 것인가는 ICT영역임. * 블록의 텍사노미가 디지털 텍사노미로 진화됨. 이는 모든 사고 과정에 디지털의 사용이 필수적임을 나타냄. * MBL장치도 중요한 CT장치 중 하나임. MBL장치가 CT장치로 활용되지 못했던 이유는 단순히 측정 장치로 이용되고 이후 산출물을 내는데 효과적이지 못하였기 때문임. * 효율적인 CT수업이 되려면 컴퓨팅 기기를 이용하여 데이터를 수집하고 이를 분석 및 표현하는 능력을 통하여 과학적 지식을 습득하고, 이를 활용하여 문제 해결을 위한 새로운 산출물을 도출해내는 과정이 필요하며 이 과정에서 또한 컴퓨팅 기기가 활용될 수 있음. * CT를 활용한 수업이 완전한 STEAM 수업에 가까움. * 데이터를 처리하기 위해서 알고리즘을 어떻게 하면 효율적으로 쥘 수 있을까?에 집중하는 것은 컴퓨터 과학, 데이터를 가지고 내가 원하는 자연현상을 관찰하거나 문제를 해결하기 위하여 알고리즘을 구성할 수 있었다는 과학에서의 CT 활용의 모습.
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> * CT-STEAM은 과학과 학습목표를 성취하는 데에 초점을 두어야함. 과학과 학습목표를 성취하기 위한 도구 중 하나로 CT, ICT가 활용되어야 함 * 디지털 도구를 활용하기 위해서는 디지털 도구에 명령을방식이 다르기 때문에 이를 이해하기 위한 과정이 CT임. 입력해야하는데 디지털 도구의 사고방식과 인간의 사고 * 아두이노는 접근성, 호환성이 높고 이를 지원하는 다양한 프로그램들이 존재하며 이 프로그램들이 초,중,고 수준으로 다양화 되어있음. * 센서를 가지고 측정한 데이터를 어떻게 과학과 학습목표와 연계시킬 것인가가 가장 중요함. 그것을 설계할 수 있도록 만들어 주어야 하며 연수가 이런 방향으로 이루어져야함. * 과학탐구를 항상하듯이 디지털 기기를 활용하여 원하는 데이터를 수집, 분석, 표현하는 방법을 항상시켜야함. 이후 이를 교과와 연계하여야함 * 과학은 태도를 배우고, 탐구하는 방법을 배우고, 과학자의 태도를 배우는 것인데, 과학자들은 탐구 방법을 개발하고 적용시켜나감. 학생들이 이를 배우는 것이 중요함. * 과학적 원리를 바탕으로 적용할 수 있어야함. 이를 바탕으로 다양한 직업 및
--	---

손 t	<ul style="list-style-type: none"> * 컴퓨팅 사고력은 컴퓨팅의 시스템의 영향을 사용해야함. * 알고리즘을 구현하는 방법으로 수업을 구성함. * 문제 분해 단계는 문제해결방안을 분해하는 것. * 문제 상황을 두 가지로 나누어 제시하여 지식 생성 과정 속 CT활성화 요소인 자료 수집, 자료 분석, 자료 표현을 통하여 생태계 파괴와 관련된 내용을 학습하고, 지식 저용 과정 속 CT활성화 요소인 문제 분해, 추상화, 알고리즘 및 절차, 자동화, 시뮬레이션, 병렬화를 통하여 과학관 특별전에 전시할 산출물을 제작하도록 함. * 3가지 요소에서 한가지의 요소를 찾아 해결방안을 생각하는 것이 추상화인가? * 내용 요소를 어떻게 넣을 것인가에 대하여 중요하다. 학생들이 알아야 하는 것이 o, x 퀴즈를 만드는 것이 아니라 생태계에 관한 수업으로 바뀌어야 함. * ICT와 CT 수업의 차이를 잘 모르겠음. * 본 수업이 CT는 맞으나 소프트웨어과정에서의 CT에 가까움. 	<p>진로를 선택할 수 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> * 과학교사 입장에서 학생들이 데이터를 보고 이를 해석하고 원하는 변수 및 모양에 맞게 표현하고 이에 대한 데이터 값이 맞는지 틀리는지 확인하는 비판적 사고를 포함한 아날로그적 사고가 바탕으로 디지털 도구 및 변환이 이루어져야 함. * 과학적 방법 등을 탐구하는 것이 중요함 * 일반 그래프를 새로운 그래프로 변환하는 작업이 필요하지만, 디지털기기를 사용하는 경우 그 데이터 및 정보가 맞는 것으로 생각하여 변환적 사고가 일어나지 않음. * 데이터 처리를 할 수 있는 능력이 있다면 쉽게 CT를 할 수 있음. * CT가 현장에 효과적으로 적용되기 위해서는 단순한 예시자료들이 다양한 형태로 제시되어야함. * 센서를 이용하여 데이터를 측정하고 이에 대한 원리를 배우는 것은 기술과정에 속할 수 있지만, 이를 활용하여 자연현상의 데이터를 수집하여 과학적 원리를 알게 되거나 문제해결을 위해 과학적 원리를 바탕으로 컴퓨팅 기기를 활용하는 것은 과학 수업에서 할 수 있는 일임. * 활용 기술을 가지고 어떻게 하면 교육과정에 적용할 수 있는 것인가를 탐
--------	--	--

	<p>구하여 이를 적용하기 위한 새로운 수업과정안을 설계한 후 STEAM으로 적용할 수 있는 것을 알려준다면 효과적인 교사 연수가 될 것.</p> <ul style="list-style-type: none"> * CT를 활용한 과학수업이 진행되어야 하는 이유는 과학적 태도 향상, 과학적 탐구능력 향상이 예상됨. * STEAM 수업의 아쉬웠던 점이나 과학수업에서 오류가 발생할 수 있는 점을 해결할 수 있으며, 이를 적용할 수 있음. * 교사입장과 학생입장으로 나누어서 판단할 수 있을 것으로 보임. * 학생입장에서는 대부분 흥미, 문제 상황에 대한 해결에 대한 의지 등으로 과학적 태도가 향상될 것으로 보임. * STEAM의 어려움을 해결할 수 있는 하나의 대안이 될 수 있을 것으로 보임. * 2015 과학과 핵심역량을 키울 수 있는 최고의 대안으로 보임. * CT와 관련된 수업과정안을 구성할 수 있는 개요가 마련된다면 교사들이 쉽게 CT를 접할 수 있을 것으로 보임. * 과학적 오류가 있는 과학교과서의 실험을 CT수업으로 대체할 수 있을 것. 고도를 학생들이 직접 측정하여 미션에 관한 집을 지을 수 있도록 할 것
--	--

[부록 4] 기후 변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 가이드

표 1. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 1차시 분석

1차시 프로젝트 소개 및 해결책의 방향 인식	
차시목표	1. 지구온난화를 완화시키기 위한 방안으로서 바이오 에너지의 장점을 활용하는 방법을 이해할 수 있다. 2. 바이오 에너지를 활용하기 위한 최적의 방안을 모색하는데 필요한 정보를 제시할 수 있다.
→ 프로젝트를 소개하면서 문제인식, 문제 분석 이 교육 목표	

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 동기부여 - 동영상을 통해 지구온난화에 대한 인식 - 동영상을 본 후에 의견 발표 (2) 미세조류 이용한 바이오디젤 개발 사례의 동영상을 추가로 보여준다. - 두 동영상에서 중심으로 알려려는 것이 무엇이었는지 조별로 발표한다. - 무엇이 중요한 문제일까? 를 생각해 보게 한다. (3) 학생들이 각자 환경공학자가 되었다고 상황을 설정하고, 정부에서 그들에게 미션 편지가 왔음을 알려주고, 미션편지를 조별로 나누어준다.	동영상 1번 동영상 2번 미션편지 준비	수업자료 1-1
전개 (25분)	(4) 학생들에게 조별로 환경공학자 그룹이 되어 모둠별로 주어진 미션을 해결하기 위해 브레인스토밍을 하게 한다. - 해결할 문제가 무엇인지, 무엇을 준비해야 하는지, 어떤 결과물을 만들어야 하는지를 브레인스토밍 한다. - 과제를 해결하기 위해서 먼저 알아야 할 내용이 무엇이 있는지 토의하고 발표한다.	미션편지에 제시된 프로젝트의 의미를 충분히 이해할 수 있도록 조별 논의 과정을 도와주도록 한다.	활동지 1-1
정리 (10분)	(6) 모둠별로 정리한 결과를 발표를 하게하고 이에 대해서 피드백을 서로 주고받게 한다.		활동지 1-1

문제를 해결가능한 수준의 작은 문제로 나누는 과정이 일어남 (문제분해)
 ※ 해결책의 중요한 요소를 뽑는 과정까지 이루어진다면 추상화 요소가 반영된 수업이 될 것으로 생각됨.

표 2. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 2차시 분석

2차시 우리나라 기후는 얼마나 변했을까요?

차시목표	1. 우리나라 기후의 실제 데이터를 분석하기 위한 방법을 스스로 고안할 수 있다. 2. 기후 변화의 양상을 파악할 수 있다. 3. 지구온난화가 우리나라에서도 실제로 나타난 것임을 인식한다.
-------------	---

기후 변화 양상을 파악하고 우리나라에 지구온난화가 실제로 나타난 것임을 인식하는 **문제해결과 관련된 과학지식을 학습하는 것이 교육목표**

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	(1) 기후가 변한 것을 가장 잘 알려주는 기상 요소가 기온과 강수량임을 알려준다. - 비교적 장기간 동안의 기온과 강수량이 변화한 경향을 분석하여 기후 변화를 확인할 수 있음을 알려준다. (2) 우리가 살고 있는 지역의 기후가 변했을까? 학생들에게 질문해 보고, 의견을 들어본다. - 우리나라의 기후 변화 정도를 기온과 강수량의 변화 경향을 분석하여 알아보는 활동을 해 보자고 한다.	기온/강수량의 데이터를 기상청에서 얻을 수 있음을 알려줌	수업자료 2-1
전개 (35분)	(3) 기상청(홈페이지)의 기후 자료에서 최근 5년(2007-2011)간 월별 평균 기온, 평균 강수량을 나타낸 그래픽 데이터 (월별 분포도)를 주고, 기후의 변화 양상을 파악하게 한다. (4) 학생들에게 격자판이 인쇄된 TP 필름을 1인당 1장씩 나누어준다. 평균기온(강수량) 분포도 위에 격자판을 올려 놓고, 각 색깔별 격자 눈금의 수를 세어 월별, 연도별 기온 /강수량의 변화 경향을 분석하게 한다. (5) 조별로 수집된 자료를 분석한 내용을 종합하여 5년 동안 두 기후 요소가 어떻게 변하였는지 표현하는 방법을 토의 한다. (6) 전지(또는 2절지)에 조별로 기온/강수량의 변화 경향을 다양한 방식으로 나타낸다.	격자판은 눈금의 크기가 큰 것을 준비한다. 그래프만을 요구하지 말고 다양한 형태의 표현 방식을 생각하게 한다.	수업자료 2-1 활동지 2-1
정리 (5분)	(7) 조별로 기온/강수량의 5년간 변화 경향을 표현한 결과물을 전시하고 발표한다. - 실제로 기후 변화는 최소 30 년간의 기후 요소(기온, 강수량 등)의 변화 경향을 바탕으로 기술하게 됨을 학생들에게 설명해 준다.		활동지 2-1

개념 습득을 위한 기상청 자료를 분석 (자료 분석)

분석한 자료를 다양한 방식으로 표현 (자료 표현)

※ 도입 단계에서 자료를 직접 제시하지 않고 활동으로 넣는다면 자료 수집 요소가 포함된 학습 과정안이 될 것으로 생각됨.

표 3. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 3차시 분석

3차시 왜 온실 효과라고 할까요?

차시목표	1. 온실효과가 무엇인지 알 수 있다. 2. 온실효과를 내는 물질의 특성을 탐구활동을 통해 입증할 수 있다. 3. 이산화탄소의 온실효과가 적외선 복사를 흡수 및 재 방출이 원인을 탐구를 통해 설명할 수 있다.
-------------	--

온실효과에 대하여 학습하고 탐구를 통해 이산화탄소가 온실효과의 원인 중 하나라는 **문제해결과 관련된 과학지식을 학습하는 것이 교육목표**

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 앞서 2차시에서 했던 기온/강수량의 변화가 왜 나타났는지 자기 생각을 얘기해 보게 한다. - 오늘의 학습목표는 기후 변화의 원인으로 온실 효과가 무엇인지, 왜 온실 효과라고 하는지 알아보는 것임을 알려준다. (2) 주어진 실험 1을 수행하도록 한다. (3) 특수 필름을 사용한 스티로폼 통의 온도가 높아지는 것을 확인하고, 왜 그런 현상이 발생하는지 설명하는 가설을 세우게 한다.	실험1의 온실은 미리 준비해 두고 바로 실험을 시작한다. 도입 단계의 실험 가설은 이후 수업의 기초가 됨	수업자료 3-1 활동지 3-1
전개 (30분)	(4) 조별로 세운 가설을 검증하기 위한 2차 실험을 구상하고, 실험 도구를 선택하여 실험을 수행한다. - 실험 2가 어떤 재료를 선택하여 무엇을 확인하기 위한 실험인지 명확하게 인식하게 한다. (5) 실험 결과를 확인하고, 가설의 오류 여부를 검증한다. 그리고 실험 1과 실험 2의 결과를 서로 비교한다.	필름의 특성을 모르는 상태에서 그 특성에 대한 조별 의견을 검증할 수 있는 가설을 세우도록 한다.	활동지 3-1
정리 (5분)	(6) 실험1에서 사용한 필름이 열 흡수 필름임을 알려주고, 그 필름의 물리적 특성을 활용하여 지구 대기층에서 형성 되는 온실 효과에 대해 보충하여 설명해 준다.	온실효과라 부르는 이유와, 대기의 온실 효과는 어떤 특징이 있는지 강조할 것	수업자료 3-1 활동지 3-1

개념 습득을 위해 실험을 통한 자료 수집 (자료수집)

실험내용을 바탕으로 지구온난화에 미치는 영향을 파악함 (자료분석)

※ 비교 단계에서 재 표현하는 과정이 포함된다면 자료표현 요소가 포함된 학습과정안이 될 것으로 생각됨.

표 4. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 4차시 분석

4차시 온실기체는 무엇일까요?

차시목표	1. 기체를 이용한 온실효과를 재현해 보고, 이산화탄소가 온실 기체로서 중요한 것임을 이해한다.
-------------	---

온실효과 재현을 통해 이산화탄소가 온실효과의 원인 중 하나라는 문제해결과 관련된 과학지식을 학습하는 것이 교육목표

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	(1) 3차시에서 사용한 필름은 온실 효과 현상을 알아보기 위해서 사용하였지만, 지구의 대기는 필름이 아니라 기체임을 알려준다. 그렇다면 실제의 기체도 필름과 같이 온실 효과를 나타내는지? 그렇다면 어떤 기체가 온실 효과를 강하게 발생시키는지 알아보자.	실제 기체의 온실효과 정도를 비교하는 것임을 인식하게 한다.	수업자료 4-1
전개 (25분)	(2) 페트리 접시 3개에 이산화탄소, 수증기, 일반 건조공기를 담고 뚜껑을 덮어서 각각 서로 다른 대기 성분으로 이루어진 지구의 대기층을 표현하고, 백열전구를 비추어 15분 동안 시간에 따른 온도 변화를 관찰한다. - 실험 전에 실험 결과를 예상해 보게 하고, 예상의 근거도 함께 제시하도록 한다. - 실험 후에는 실험 결과를 앞서 예상한 것과 비교하도록 한다. (3) 실험 결과를 근거로 온실 효과에 더 많은 영향을 주는 기체는 무엇인지, 그리고 그 기체는 어떤 성질을 가진 것인지 발표하게 한다.	드라이아이스를 승화시켜 이산화탄소를 얻을 때 냉각에 의한 사고가 발생하지 않도록 주의한다. 기체에 의한 온실효과를 앞 차시의 필름에 의한 온실효과와 비교하여 추리할 수 있게 한다.	수업자료 4-1 활동지 4-1
정리 (15분)	(4) 현재 공기의 주성분은 무엇인지 토론해보고, 실험 결과를 바탕으로 어떤 결론을 내릴 수 있는지 토의하고 설명해보자.		활동지 4-1

개념 습득을 위해 실험을 통한 자료 수집 (자료수집)

실험내용을 바탕으로 지구온난화에 미치는 영향을 파악함 (자료분석)

※ 설명 단계에서 재 표현하는 과정이 포함된다면 자료표현 요소가 포함된 학습과정안이 될 것으로 생각됨.

표 5. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 5차시 분석

5차시 나의 녹조류는 어떤 모습일까?

차시목표	<ol style="list-style-type: none"> 1. 녹조류의 특징과 광합성 과정을 이해한다. 2. 녹조류의 바이오매스를 이용하는 과정에서 이산화탄소를 줄일 수 있음을 이해한다.
-------------	---

녹조류의 특징을 이해하고 녹조류의 바이오매스를 이용하는 과정이 이산화탄소를 줄이는 **문제해결과 관련된 과학지식을 학습하는 것이 교육목표**

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	<ol style="list-style-type: none"> (1) 앞서 1차시에서 제시했던 미션 편지를 한 번 더 보여주고, 이 프로젝트의 주제를 기억하게 한다. - 미세조류의 바이오매스를 이용하여 기름을 만들 수 있음을 보았다는 것을 환기시킨다. (2) 녹조가 발생한 하천의 물을 집기병에 담아 자세히 관찰하고, 녹조류가 어떤 것인지 알아보게 한다. - 조별로 관찰한 내용을 간단히 발표하게 한다. 	녹조 하천수가 없으면 사진 자료를 활용할 수도 있음	
전개 (25분)	<ol style="list-style-type: none"> (3) 미세조류(녹조류)의 특징에 대해 간단하게 설명해 준다. (4) 주어진 녹조류를 현미경으로 관찰하여 스케치하고, 녹조류에서 엽록체를 찾아보게 한다. (5) 녹조류의 광합성으로 이산화탄소를 소비하게 됨을 알려 주고, 녹조류의 바이오매스를 이용하는 과정에서 대기 중의 이산화탄소량을 줄일 수 있는 방법에 대하여 조별로 의견을 이야기하고 토의하게 한다. 	조류 생물을 자세히 설명할 필요는 없다. 상식 수준의 설명만으로 충분함	수업자료 5-1 활동지 5-1
정리 (15분)	<ol style="list-style-type: none"> (6) 녹조류를 인공적으로 길러서 광합성을 촉진하는 장치를 만들 수 있음을 알려 주고, 이 방법으로 이산화탄소를 줄일 수 있음을 인지하게 한다. 	이산화탄소를 감축하는 것과 동시에 녹조류를 이용한 바이오디젤 에너지를 사용할 수 있음을 안다.	

개념 습득을 위해 실험을 통한 자료 수집 (자료수집)

※ 대부분이 녹조류에 대하여 이해하는 과정에 미침.

더 나아가 녹조류가 광합성하는 과정을 모델링하거나 이의 과정에서 이산화탄소를 측정하는 장치를 개발하도록 한다면 더 많은 요소들이 포함된 학습과정안이 될 것으로 생각됨.

표 6. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 6-7차시 분석

6-7차시 과제 해결책 의견 교환 /
미세조류 이용한 이산화탄소 감축 장치 모형 제작

차시목표	1. 미세조류의 바이오매스를 이용하여 이산화탄소를 감축하고 지구 온난화를 완화시킬 수 있는 가장 효과적인 해결책을 강구할 수 있다.
-------------	---

문제 해결을 위한 지식 적용

교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (30분)	(1) 조별로 프로젝트의 결과물이 갖추어야 할 기준과 조건에 대하여 토의한다. (2) 조별로 토의한 기준과 조건을 바탕으로 "녹조류를 이용한 이산화탄소 감축 장치"에 대한 아이디어를 기획하고 설계도로 정리하여 발표한다. (3) 조별로 작성한 장치의 설계도에 적용된 원리에 대하여 발표하고, 전체 토의 과정을 통해 각 조의 아이디어에서 결정적인 오류가 있는지 여부를 확인해 본다.	부분적인 오류나 제한점이 있어도 최소한의 결과가 나올 수 있으면 그대로 둔다.	수업자료 1 활동지 1
전개 (50분)	(4) 앞 차시에서 논의했던 결과물의 구비 조건과 기준에 맞추어 저비용, 고효율, 과학적 정확도를 고려하여 가장 효율적인 모형을 제작하도록 한다. (5) 조별로 다양한 재료들을 나누어 주고, 각자 구상한 아이디어와 설계도에 맞추어 재료를 선택하여 이산화탄소 감축 장치를 제작한다.	학생들이 모형을 제작할 때 안전사고에 유의하도록 한다.	수업자료 2
정리 (10분)	(6) 모동별로 제작한 이산화탄소 감축 장치를 보고 교사는 다시 한번 각 장비의 특징과 이를 통해 녹조류가 하는 역할, 그리고 이것이 기후변화에 어떠한 관계가 있는지를 마지막으로 확인하도록 한다.		


결과물이 갖추어야 할 기준과 조건을 토의하고 최적의 방향을 선택 (추상화), 토의 과정을 살펴봄을 통해 오류를 확인 (알고리즘 & 절차),

표 7. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 8차시 분석

8차시 이산화탄소 감축 장치 시제품 모형의 검토

차시목표	1. 조별로 제작한 이산화탄소 감축 장치 시제품 모형의 장단점을 검토할 수 있다. 2. 문제점을 보완할 수 있는 방법을 탐색하여 장치 수정에 반영할 수 있다.
-------------	---

해결방안 평가 및 수정

 교수학습 과정안

수업 단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 조별로 제작한 모형을 전체 학급 앞에서 보여주고 그 원리와 과정, 특징을 발표하게 한다. - 발표 전에 이산화탄소 감축 장치가 갖추어야 할 조건에 대하여 간단히 알려준다.	발표에 꼭 들어가야 할 요소에 대해 간단히 알려준다.	
전개 (25분)	(2) 각 조의 모형 작품이 어떤 장단점이 있는지 검토하고 의견을 발표한다. (3) 검토 의견으로 제시된 내용에 대하여 조별로 어떻게 수정할 수 있을지 토의하고, 장치를 수정한다.	여러 조에서 제기된 단점들을 충분히 수정할 수 있도록 한다.	수업자료 8-1 활동지 7-1
정리 (15분)	(4) 수정한 완성된 장치를 모동별로 완성시키고, 녹조류를 넣기 전에 유의점에 대해 알려 준다. (5) 학생들의 완성 작품이 기후 변화를 완화시키는데 어떤 역할을 할 수 있는지 생각해 보게 한다.	완성된 장치는 녹조류를 이용하여 어떤 역할을 하게 되는지 기후변화와 연관하여 다시 정리를 하도록 해주도록 한다.	

전체적인 과정에서 효율적인 모델을 제작을 위하여 수정 · 보완함 (자동화)

표 8. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 9차시 분석

9차시 이산화탄소 감축 장치 최종 점검 및 완성

차시목표	1. 미세조류를 이용한 이산화탄소 감축 장치의 이산화탄소 감축 효과를 확인할 수 있다.
------	--

장치 확인 (시뮬레이션)

 교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (10분)	(1) 이산화탄소 감축 장치가 이산화탄소를 얼마만큼 소비했는지 알아보기 위한 방법으로 무엇이 있을지 조별로 토의해 본다.		
전개 (25분)	(2) 학생들이 작성한 검사 항목을 발표한 뒤, 교사가 산/염기 지시약을 활용할 수 있음을 알려준다. (3) 학생들이 제작한 이산화탄소 감축 장치를 이용하여 이산화탄소 감축 효과를 보고자 할 때 무엇을 관찰 측정해야 하는지를 토의하여 기록해본다.	다양한 방법이 나올 시 각각 적절한지 그렇지 않은지를 토의한다.	수업자료 9-1 활동지 9-1
정리 (15분)	(4) 1주일동안 이산화탄소 감축 장치기 학습목표 반응기를 적절한 장소에 설치할 하고 모동별로 관찰을 기록하도록 한다.		


※ 새로운 방안 제시하고 이를 기존의 방법과 동시에 진행하도록 하는 것을 병렬화로 볼 수 있는가?

표 9. 기후변화 중학생용 컴퓨팅 사고 수정사항 반영을 위한 10차시 분석

10차시 이산화탄소 감축 장치 개발 프로젝트 발표회

차시목표	1. 조별로 이번 프로젝트를 진행한 과정과 최종 결과물 및 프로젝트의 효과에 대하여 전체 학급을 대상으로 발표할 수 있다. 2. 기후 변화 및 이산화탄소 감축에 대한 생활 속 실천 방안을 제시할 수 있다.
-------------	---

문제해결을 위한 장치 구안에 대하여 발표하고 실생활 문제와 해결방안을 연결함

 교수학습 과정안

수업단계	활동 내용	학습자료 및 유의점	교사자료
도입 (5분)	(1) 일주일동안 모동별로 관찰한 이산화탄소 감축장치에 의한 광 생물 반응이 어떻게 진행되어 왔는지를 발표 하도록 준비한다. 발표 시 유의사항이 있으면 언급한다. (2) 각 모동별로 어떻게 평가할 것인지 자기평가 동료평가 모동별의 평가 방법을 설명한다.		
전개 (40분)	(3) 모동별로 준비한 프로젝트 결과를 발표한다. 발표하는 동안에는 발표자는 과학자들처럼, 듣는 학생들은 과학 자에게 궁금한 것이 많은 일반시민이나 다른 과학자 단체처럼 과학적 지식이 발표되는 학회장의 분위기를 조성하여 진행하도록 한다. (4) 교사는 각 모동별로 발표한 것에 대해서 좌장의 역할을 하며, 학생들이 경험해야 할 과학의 본성에 대해서도 계속 언급하도록 한다.	10차시를 하기 전에는 1주일동안에 관찰한 것을 가지고 어떻게 발표를 할 것인지에 대해서는 자유스럽게 맡긴다. 하지만 모동발표가 끝난 후에는 교사는 실험을 통해서 경험해야 할 과학의 본성 즉 융합과학으로서 경험해야 할 감성적 체험에 대해서 언급한다.	발표가이드라인
정리 (5분)	(5) 모동별로 발표한 것에 대해서 서로 평가를 해준다. (6) 교사는 전체적인 프로젝트의 진행과정을 처음부터 끝까지 간단하게 설명하고 오늘 발표한 결과가 앞으로 우리에게 주는 의미가 무엇인지 언급한다.		

프로젝트를 마무리하는 단계로 1주일동안 관찰한 데이터를 발표함 (자료표현)