

ORIGINAL ARTICLE

초등학교 6학년을 위한 디지털 활용 천문우주 STEAM 프로그램의 효과 분석

허윤정¹ · 김형범^{2*}

(¹한국표준과학연구원 연구원, ²충북대학교 교수)

Effectiveness Analysis of a STEAM Program Utilizing Digital Astronomy and Space Resources for 6th Graders in Elementary School

Youn-Jeong Heo¹ · Hyoungbum Kim^{2*}

(¹Korea Research Institute of Standards and Science, ²Chungbuk National University)

ABSTRACT

In this study, we developed a STEAM program based on digital astronomical and space resources and applied it to 167 randomly selected elementary school students to examine the effectiveness of the STEAM program in enhancing creative problem solving skills. The results of this study are as follows: first, the statistical analysis of pre-test and post-test scores for creative problem-solving skills related to the STEAM program showed significant results ($p < .05$). This suggests that the STEAM program contributed to improving creative problem-solving skills through the procedural process involved in generating ideas and convergent thinking during the digital problem-solving. Second, the paired sample t-test based on the pre-test and post-test of the STEAM attitude test also showed significant results ($p < .05$). Analyzing digital materials and presenting pixel art projects positively influenced STEAM attitudes in terms of interest, communication, and usefulness. This underscores the need for developing integrative education programs utilizing advanced technologies in the future. Third, in the class satisfaction test conducted after the application of the STEAM program, the satisfaction factor scored an average of 3.55, interest scored 3.35, and overall class difficulty scored 3.46. The main difference from traditional classes was the focus on 'acquisition of future career information.' However, given the slight decrease in interest during the digital transformation and interpretation process, it is recommended that future classes allocate sufficient time for experiential activities. To generalize the developed program, future studies should consider various school levels, implementation periods, and difficulty levels.

Key words : digital, STEAM, convergence thinking, creative problem solving

I. 서론

COVID-19로 인한 세계적인 팬데믹(Pandemic) 상황

에서 ICT(Information and Communication Technology)를
이용한 우리나라의 방역 및 진단기기의 첨단 기술은
세계적으로 큰 관심을 받았다. 교육 분야에서도 디지

Received 2 July, 2024; Revised 24, July, 2024; Accepted 23 August, 2024

*Corresponding author : Hyoungbum Kim, Chungbuk National University, 1
Chungdae-ro, Seowon-Gu, Cheongju Chungbuk Chungcheongbuk-do, 28644, Korea
E-mail : hyoungbum21@gmail.com

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

털 및 인공지능 기술을 비롯한 4차 산업혁명 시대의 첨단 과학기술을 접하고 활용해 보는 융합 교육이 학교 현장에서 적용될 수 있도록 교수·학습 프로그램 및 콘텐츠 개발에 많은 관심과 연구가 집중되고 있다. 최근 개정된 교육과정에서는 미래 사회 변화에 대응할 수 있는 기초 소양과 역량 함양을 주요 주제로, 학습자의 삶과 연계한 깊이 있는 개념적 학습과 탐구 능력 향상 그리고 인공지능·소프트웨어 교육을 비롯한 디지털 기초 소양 강화에 관한 내용이 포함되어 있다(교육부, 2022). 이에 따라 교육부에서는 과학을 포함한 교과 학습에서 논리력 및 절차적 문제 해결력을 증진시키고 디지털 활용 능력과 감수성, 데이터 표현 등 디지털 기초 소양을 함양할 수 있는 디지털 융합 수업 즉, STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts & Math)에 의한 융합 교육의 현장 적용을 강조하고 있다.

STEAM은 미국 등 OECD(Organization for Economic Co-operation and Development) 회원국에서 사용되었던 STEM 교육에서 Art 분야를 추가하여 2006년 Yakman이 최초로 제시한 개념으로, 융합적 사고와 문제해결 능력을 함양하는 창의·융합 인재의 육성을 주요 목표로 하고 있다(Yakman, 2008). STEAM은 창의·융합적 인재 양성을 위해 학생 중심의 학습뿐만 아니라, 협력 학습을 통해 집단적 창의성을 발휘하는 교육적 모델이다(Keats & Schmidt, 2007). 핀란드에서는 미래 지능정보사회를 대비한 ‘2016 국가교육과정’을 마련하여 과학 학습에 대한 참여를 향상시킬 수 있는 창의·융합적 교육을 강조하고 있다(Finnish National Board of Education, 2016). 싱가포르에서는 21세기 학생들의 역량교육을 위해 프로젝트 기반 학습(PBL: Project Based Learning)을 제시함과 동시에 융합 교육의 필요성을 교육과정에 포함시켜 학교 교육을 운영하고 있다(Tan *et al.*, 2017). 우리나라에서도 초·중등학교 현장에 2015 개정 과학과 교육과정 시행에 명시된 바와 같이, STEAM 교육을 시행하고 있으며 과학과 교과과정 편성과 수업 시수 조정 등 학교 현장에 적합한 STEAM 프로그램의 개발과 실행에 현실적인 해결책을 강구하고 있다(고은성, 2019). 특히 2022 개정 과학과 교육과정에서도 빅데이터, 인공지능, 모의실험 등을 이용한 탐구활동을 통해 융합과학 및 STEAM 교육의 주요 역할을 이해시키고, 융합적 사고능력과 탐구 능력을 함양하기 위한 교수·학습의 필요성을 강조하고 있다. 즉 2022 개정 과학과 교육과정에서는 융합·과학적 접근방법을 탐색하

고 융합과학의 가치와 유용성을 이해하고 일상생활의 문제를 창의·융합적으로 해결할 수 있는 역량을 기르는데 중점을 두고 있다는 점(교육부, 2022)에서 STEAM 교육의 필요성과 중요성이 강조되고 있다.

국내에서 디지털 기반으로 진행된 선행연구를 살펴보면, 김지용 외(2015)는 로봇을 활용한 디지털 STEAM 프로그램을 구안하였으며, 이를 학교 현장에 적용한 결과 118명의 실험집단에서 수업 전보다 창의적 문제 해결력 및 과학적 태도에 유의미한 통계적 효과가 나타났다는 연구 결과를 보고하였다. 이희후(2019)는 초등 6학년 53명을 대상으로 실험·통제집단으로 각각 구분하여 데이터 중심의 시각화 도구를 활용하여 생태계 및 쓰레기의 친환경적 처리에 관한 STEAM 프로그램을 개발하였고, 수업 전·후 지식정보처리 역량과 과학 기술에 대한 태도의 향상에는 통계적으로 유의미한 효과는 없었지만 하위 요소에서 유의미한 효과를 검증하였다는 연구 결과를 보고하였다. 박찬술과 손정우(2020)는 데이터 기반의 탐구학습 프로그램을 제작하여 초등 5학년 학생들에게 투입한 결과, 과학적 사고력과 탐구 능력에서 통계적으로 유의미한 향상을 확인하였다. 김정아 외(2019)는 초등 6학년 학생들을 대상으로 파이썬(Python)을 활용한 데이터 시각화 프로그램을 통해 인지력과 창의성 요인에서 통계적으로 유의미한 효과가 있었다고 보고하였다. 이지윤 외(2015)는 과학 기술과 제품 디자인을 통합할 수 있는 스마트 제품 디자인 방법론을 중심으로 디지털 기반 STEAM 프로그램을 개발하고 이를 고등학교 학생들에게 적용하였으며, 그 결과 학생들은 기존 제품보다 스마트 제품을 더욱 긍정적으로 평가하였으며, STEAM 프로그램 적용 전보다 프로그램 적용 후 디지털 스트레스 지수가 감소했다는 연구 결과를 보고하였다. 이러한 결과는 데이터를 다루는 수업이 지식정보처리 역량의 정보 수집 및 분석 능력에서 창의적 사고와 소통의 측면에서 중요한 역할을 할 수 있다는 유상미 외(2021)의 연구결과와 일치한다. 하지만 지금까지의 연구는 데이터 시각화 도구의 사용과 이나, 데이터를 시각화하는 방법의 학습 형태에 제한적으로 연구가 진행된 측면이 있다(Fouh *et al.*, 2012; Ryan *et al.*, 2019). 또한 과학을 주제로 진행된 연구들은 간단한 측정 도구 등을 이용하여 데이터를 측정하고 분석하여 그 결과를 해석하는 방식으로 주로 진행되었기 때문에 비정형 자료를 수집

하여 처리하는 과정에 관한 교육 연구는 미흡한 편이다. 따라서, 학생들이 현대사회와 미래에 필요한 기술적 역량, 즉 데이터 수집과 시각화의 개방성을 확장한 STEAM 프로그램의 도입과 확산이 요구된다.

지능 정보 사회에 필요한 핵심 역량을 기르고 미래 인재를 육성하기 위해서는 창의성을 신장하는 교육이 필요하다(Hoşgörür & Bilasa, 2009). 일반적으로 학자마다 창의성을 다르게 정의하지만(Keating, 1980) Haylock (1987)는 문제나 과제를 스스로 해결하기 위해 자신의 지식과 경험을 재조직함으로써 가치 있는 아이디어를 생성하는 능력이라고 정의하였고, Malcy와 Kiss(2018)는 동기유발, 지적 갈등을 통한 가치 있는 통찰 그리고 관찰 등의 특성을 자신에게 가지게 하는 것으로 정의하였다. Cropley(1999)는 기존의 사례나 아이디어 등을 새로운 방식으로 융합·결합하는 지적 능력을, Sternberg & Lubart (1999) 그리고 Torrance(1981)는 주어진 문제 해결을 위해 아이디어를 생산해 내는 능력을 창의성으로 정의하였다. 즉 주어진 문제를 해결하는 과정에서 아이디어를 생성·수정 및 평가하여 문제 해결에 대한 올바른 아이디어를 찾고, 문제 상황에 실제로 적용해 나가는 고차원적 사고 과정을 의미한다(Torrance, 1981). 즉 창의적 사고 능력을 함양하기 위해서는 문제를 인식하고 그 문제를 해결하는 과정에서 아이디어를 생각해내고 이를 정리하고 평가를 거쳐 최종 문제 해결 방안을 제시하는 단계의 교수·학습 프로그램이 필요하다. 창의적 사고는 문제의 해결 과정에서 창의적 사고를 촉진하기 위해 사용하는 방법으로 과제의 성격에 따라 과제 해결의 모든 단계에서 요구되거나 혹은 일부 단계에서 사용된다(안미리 외, 2017). 문제 해결 과정에서 창의적으로 문제를 해결하기 위해서는 문제를 다양한 시각에서 관찰하고 이에 대한 해결책과 대안을 제시할 수 있는 확산적 사고력과, 이렇게 생성된 여러 가지 아이디어를 분류하고 평가하여 최적의 해결책을 도출하는 수렴적 사고력이 필요하다. 이러한 확산적 사고력과 수렴적 사고력을 길러주는 주제적인 방법들이 창의적 사고라고 할 수 있다(홍기대, 2009).

한편, 천문 분야는 학문적 특성상 시·공간적 규모가 매우 크고, 천체들이 먼 거리에 있어 쉽게 관측하기 어려우며 실험실에서 동일한 반복 실험이 어렵다(임청환과 정진우, 1993). 또한 천문 관련 연구들은 추상적이고 직접 관측하기 어려운 과학 개념에 관한 연구가 많다(명전옥, 2001) 학습자들에게 어렵게 인식되며, 오개

념이 자주 나타나는 학문이다(배성희와 김형범, 2016). 특히 정규 교과과정의 교과서에 제시된 천문 내용이 최신 정보를 정확히 반영하지 못하고 있으며, 학교 현장에서는 천문 주제의 탐구활동을 학생들이 실제로 경험하기 어렵기 때문에(손준호 외, 2014), 최근 학습자들의 흥미를 유발하고 올바른 과학교육을 제공하기 위해 디지털 관련 교구 제작 및 프로그램 개발이 활발하게 시도되고 있다. 2022 개정 과학과 교육과정의 천문 단원에서는 “인공위성 자료를 이용한 해수의 성질 조사, 일기도나 위성 영상 등을 이용하여 날씨 변화 예상, 남방 진동이 우리 생활에 미치는 영향 조사 등의 경우 전 지구 규모의 빅데이터 관측자료를 활용하여 지구 시스템 차원의 연결성과 상호작용을 파악하고, 데이터의 디지털화와 시뮬레이션 등을 체험함으로써 디지털 소양을 함양하도록 지도할 수 있다.”라는 내용을 포함하고 있다(교육부, 2022). 이상의 내용을 종합하면, 천문 분야를 중심으로 STEAM 교육이 학교 현장에 정착하기 위해서는 학생의 역량을 높이기 위한 학교 교육과정 내에서 우수한 STEAM 프로그램을 개발하고 이를 확산시키는 것이 필요하다. 또한 지속 가능한 STEAM 교육 실행 방안을 마련하고, STEAM 교육에 대한 교사의 접근성과 현장 적용에 대한 활용도를 높이는 방안을 탐색할 필요가 있다.

따라서 이 연구에서는 2015 개정 초등학교 과학과 교육과정 중 ‘태양과 행성’, ‘별자리’에 관한 내용을 중심으로 STEAM 프로그램을 개발하여 초등학교 6학년 학생들에게 적용하고, 이에 대한 효과를 알아보고자 하였다. 이 연구의 연구문제는 다음과 같다. 첫째, ‘STEAM 프로그램은 초등학교 학생들의 창의적 문제 해결력에 어떠한 영향을 주었는가?’, 둘째, ‘STEAM 프로그램은 초등학교 학생들의 STEAM 태도와 만족도에 어떠한 영향을 주었는가?’이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 경기도 소재 S 초등학교와 충청북도 소재 C 초등학교 학생들을 대상으로 무선표집(random sampling)하여 총 167명을 대상으로 연구를 진행하였

Table 1. Participants' personal information

지역	초등학교	참여학생(명)
경기도	S	79
충청북도	C	88
합계	2	167

다(Table 1). 이 연구에서 개발한 STEAM 프로그램의 현장 적용 전에 STEAM 태도 사전검사를 실시하였다. 그 결과를 바탕으로 대응표본 *t* 검정(Paired Samples *t*-test)을 실시한 결과, 확률 값이 .682로 나타나 연구에 참여한 학생들의 동질성을 확인하였다($p < .05$). 또한 연구에 참여한 초등학생들의 자발적인 참여 의사를 확인하였고, 학교장 및 학부모의 동의를 받은 후 연구를 진행하였다.

2. 연구 절차

이 연구의 절차는 Fig. 1과 같다. 이 연구에서는 연구의 주제에 맞는 문헌 연구를 통해 학년, 대상, 차시별 대체 수업에 맞는 교육 과정을 분석하였다. 초등학생을 대상으로 먼 우주에서 보낸 사진과 영상이 0과 1의 디지털 조합으로 이루어져 있음을 이해하도록 하고, 실제 관측 자료가 일반인들에게 전달되는 디지털 과정과 이에 대한 과학적 사실을 소개하여 학생들이 직접 만든 색 코드와 도안으로 형성된 픽셀 아트 작품을 완성하면서 현재 통용되고 있는 무선 통신과 컴퓨터 작동 원리를 언플러그드 활동으로 재현해 보는 형

식의 STEAM 프로그램을 개발하였다.

개발 프로그램의 단계별 활동은 다음과 같다. 1단계 주제 개요에서는 융합적 사고의 중요성과 각 차시별 프로그램을 간략하게 설명하였다. 2단계 학습 목표에서는 내용과 과정별로 성취해야 할 목표를 기술하였으며, 3단계에서는 과학(S), 기술(T), 공학(E), 인문학(A), 수학(M)의 요소를 분석하였다. 4단계 STEAM 단계 요소에서는 구성 틀에 따른 상황 제시(Co), 창의적 설계(Cd), 감성적 체험(Et) 내용을 제시하였다. 5단계에서는 프로그램의 전반적인 교육 과정 목표를 다루었다. 6단계에서는 교사들의 수업에 도움을 주기 위해 차시별 지도안을 기술하였다. 7단계에서는 효과적인 수업을 위한 평가 계획을 다루었다. 8단계와 9단계에서는 수업을 지도할 때 제공할 다양한 학습자료를 제시하였다. 마지막으로, 10단계에서는 학생용 교재의 답안 예시를 구성하였다.

개발한 프로그램에 대해 Rubinstein(1995)이 제안한 프로그램의 타당화 과정에 따라 과학교육 전문가에 의한 타당도 검토를 진행하였다. 또한, 학교 현장에서의 불일치를 줄이고 프로그램의 적합도를 높이기 위한 방안으로 파일럿 테스트(Pilot test)를 실시하였다. 최종 개발된 STEAM 프로그램의 현장 적용을 위하여 연구 참여자를 선정하였으며, Table 2와 같이 실험 설계 후 초등학교 교사가 총 6차시에 걸쳐 수업을 진행하였다. 마지막으로 효과성 검증을 위해 창의성 교육기법 조사 검사지와 STEAM에 대한 태도 검사지, 만족도 검사를

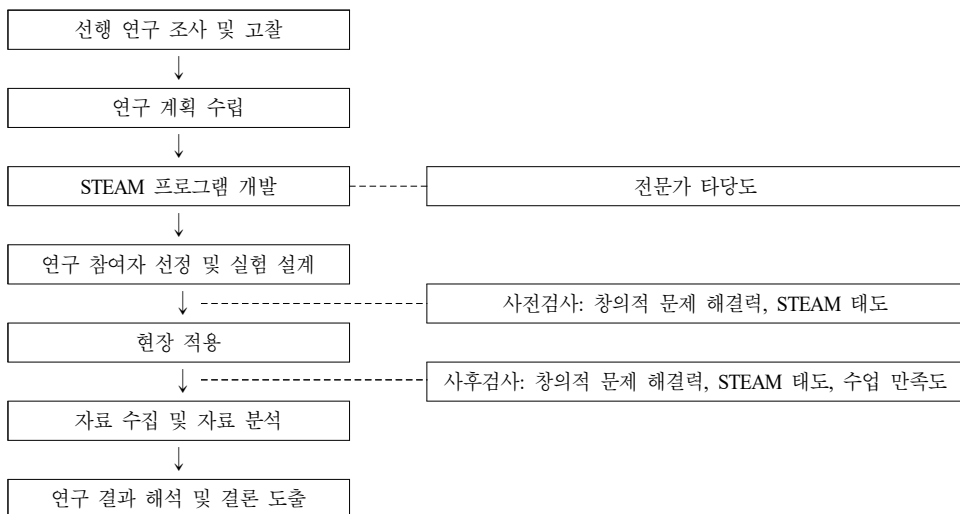


Fig. 1. Research process

Table 2. Research design

G	O _A , O _B	X	O _A , O _B , O _C
G : 실험 집단			
O _A : STEAM 태도 검사			
O _B : 창의적 문제해결력 측정 검사			
O _C : 수업 만족도 검사			
X : 개발된 STEAM 프로그램 적용			

실시하였고, 창의성 교육기법 조사와 STEAM에 대한 태도는 단일집단 사전·사후 검사(t-검정)로 분석하였다.

3. 프로그램 개발 절차

이 연구에서는 창의교육 수업프로그램의 유용성과 타당성을 파악하기 위해, 교수설계를 위한 처방적 모형의 타당화 과정(Rubinstein, 1995)을 기반으로 수업프로그램을 설계하였다. 연구의 목적을 달성하기 위해 STEAM 프로그램을 구현하는 기본적인 절차에 따라 ‘픽셀의 비밀을 풀어보자’의 주제를 중심으로 수업 프로그램의 구안 과정을 거쳤다. 또한, 개발한 STEAM 프로그램은 2023년 5월 8일부터 2023년 7월 14일까지 총 10주간 이루어졌으며, 블록타임을 포함하여 6차시에 걸쳐 수업이 진행되었다. 초등학교 학생들을 대상으로 한 STEAM 프로그램의 주요 차시별 교수·학습 내용은 Table 3에 제시되어 있다.

1차시는 ‘우주와 천체 관측하기’로 우주와 천체를 관측하고 디지털 정보 전송에 대해 과학적 호기심과

탐구심을 가질 수 있는 내용으로 구성하였고, 천문 자료와 관련한 소프트웨어와 우리의 생활과의 관련성을 설명하는 내용으로 수업을 구성하였다. 2차시는 ‘픽셀 찾기’로 컴퓨터의 정보 처리 방식을 이해하고 천문 자료의 데이터를 저장하는 과정을 학습하도록 구성하였다. 3차시는 ‘모스 암호와 해독원리 알아보기’로 암호 해독 게임과 정보 전달 과정의 내용을 학습하게 하며, 암호화와 복호화 과정의 내용을 융합적인 자료 해석을 통해 창의적으로 체험할 수 있도록 구성하였다. 4차시는 ‘나만의 색 코드 암호 도안 만들기’ 활동으로 정보 통신의 원리를 이해하고 어플리케이션을 이용하여 자신만의 픽셀 아트 작품을 도안하고 설계하도록 구성하였다. 5차시는 창의적 산출물 제작으로 ‘픽셀 아트 작품 만들기’의 주제에 맞게 색 코드 도안 만들기 및 픽셀아트 작품을 완성하도록 구성하였다. 마지막 6차시에서는 감성적 체험활동으로 ‘작품 발표하기’의 시간을 통해 학생들이 픽셀 아트 작품을 발표하고, 작품 제작의 전체 과정에서 느낀 점과 알게 된 점을 서로 이야기하며 각자의 작품에 대한 장점과 단점을 논의하는 수업 내용으로 프로그램을 구성하였다. 개발한 6차시의 프로그램은 Fig. 2와 같으며, 최종 개발된 프로그램은 과학교육 전공의 연구자 2명과 교사 3명으로 구성된 총 5명의 전문가 집단에 의해 3차례 수정·보완되었고, 프로그램의 내용 타당도를 검증받았다. 연구자들은 정기적인 세미나, 파일럿 테스트, 워크숍 등에 참여

Table 3. Teaching and learning content of STEAM education learning program

차시	단계	주요 교수·학습 내용	중심 교과	STEAM 요소
1	상황 제시 (Co)	- 지구에서 멀리 떨어져 있는 우주에서 전송된 사진을 살펴본다. - Stellarium(천문프로그램)을 활용하여 우주를 관측하고 조사한다. - 우주에서 지구로 어떻게 사진이 전송되었는지 생각해본다.	과학, 실과	S, T
2	감성적 체험 (Et)	- 컴퓨터의 정보처리 방식을 이해하고 표현해본다. - 우주 사진을 확대해서 사진 속의 픽셀을 찾아본다. - 미니 현미경으로 스마트폰 액정(RGB)을 관찰한다.	과학, 미술	S, A, M
3	감성적 체험 (Et)	- 암호해독 게임으로 모스암호와 해독원리를 이해한다. - 암호화(code)와 복호화(decode) 과정을 이해하고 체험해본다. - 미션 암호를 사용하여 우주로 보내는 메시지를 써본다.	과학, 실과, 미술	M, A
4	창의적 설계 (Cd)	- 픽셀아트 도안을 디자인한다. - 색으로 표현된 도안을 나만의 색 코드로 제작한다. - 전하고 싶은 색 정보를 색 코드로 암호화한다.	과학, 실과, 미술	T, A
5	창의적 설계 (Cd)	- 제작한 색 코드 암호와 도안을 연결한다. - 색 코드 암호 도안으로 픽셀아트 작품을 만든다.	과학, 수학, 실과, 미술	T, A
6	감성적 체험 (Et)	- 산출된 결과물을 발표하고 상호 평가한다. - 수정·보안할 점을 피드백한다.	과학, 실과, 미술	S, T, A

〈1차시〉					
학습주제	우주와 천체 관측하기	관련교과	ST	차시	1/6
학습목표	- 우주의 천체를 관측하고 디지털 정보 전송에 대해 과학적 호기심과 탐구심을 가질 수 있다. - 스트리트뷰가 우리 생활에 미치는 영향을 이해할 수 있다.				
흐름	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(■)			
도입(5분)	- 지구에서 멀리 떨어져 있는 우주에서 전송된 사진 살펴보기	▶ 학생활동지			
전개(30분)	- 뉴호라이즌 우주선이 보낸 명왕성 사진이 어떻게 다운로드 되었는지 생각해보기 - stellarium(천문 프로그램)을 활용하여 우주를 관찰하기	▶ stellarium(천문 프로그램) ▶ 나사의 우주사진 슬라이드			
정리(5분)	- 사진이나 영상과 같은 디지털 정보가 우리에게 어떤 방법으로 표현되는지 탐구해 보기	■ 우주 사진과 천체 관측 프로그램 체험을 통해 사진이나 영상과 같은 디지털 정보가 우리에게 어떻게 전송되는지 관찰을 갖고 활동에 참여할 수 있도록 지도한다.			

〈3차시〉					
학습주제	모스암호와 해독편리 알아보기	관련교과	STA	차시	3/6
학습목표	- 암호 해독 게임으로 정보의 전달과정을 알고, 암호화의 복호의 과정을 체험할 수 있다.				
흐름	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(■)			
도입(5분)	- 구조선호 영상을 보고 암호를 떠올려보기	▶ 영화 엑시트 모스부호 구조선호 영상			
전개(30분)	- 암호 해독 게임으로 모스암호와 해독편리 이해하기 - 암호화(encode)와 복호화(decode) 과정을 이해하고 체험하기 - 우리나라의 한국광복군 암호를 해독해 보기	▶ 로마자 모스부호와 숫자 모스부호를 해독해 보고, 자신과 이름을 한글 모스 부호로 나타내 보여 암호화와 복호화 과정을 체험할 수 있도록 한다. ■ 한국광복군 암호를 해독해 보면서 암호가 우리의 역사 속에서도 존재했음을 떠올릴 수 있도록 한다.			
정리(5분)	- 미션암호를 사용하여 우주로 보내는 메시지 쓰기	■ 친구들의 발표를 경청할 수 있도록 한다.			

〈5차시〉					
학습주제	픽셀 아트 작품 만들기	관련교과	SMTA	차시	5/6
학습목표	- 색 코드 도안으로 픽셀 아트 작품을 완성할 수 있다.				
흐름	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(■)			
도입(5분)	- 색 코드 암호 도안 살펴보기	▶ 학생활동지			
전개(30분)	- 제작한 색 코드 암호 도안으로 픽셀 아트 작품 만들기 - 자신이 완성한 도안으로 디퓨저를 작동원성한다.	■ 디퓨저를 디자인을 교사가 제시하는 작품으로 제한을 두었으나, 소규모 학급에서는 색깔별 블록을 구입하여 어플리케이션으로 구현한 디자인을 직접 제작할 수도 있다. ■ 제작한 색 코드 암호 도안으로 픽셀 아트 작품을 완성하도록 한다. 도안이 완성되면 선생님께서 디퓨저를 받아서 작품을 완성한다.			
정리(5분)	- 픽셀 아트 작품을 완성하고 주변 정리하기	■ 도안과 비교해서 오류가 없는지 확인해 본다.			

〈2차시〉					
학습주제	픽셀 찾기	관련교과	SA	차시	2/6
학습목표	- 컴퓨터의 정보처리 방식을 이해하고, 컴퓨터에 이미지가 저장되는 과정을 표현할 수 있다. - 현미경 사용법을 알고, 바른 자세로 미니 현미경을 사용하여 스마트폰 액정을 관찰할 수 있다.				
흐름	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(■)			
도입(5분)	- 컴퓨터의 정보처리 방식 이해하기(진법 사용)	▶ 학생활동지			
전개(30분)	- 컴퓨터에 이미지가 저장되는 과정 표현하기 - 우주 사진을 확대해서 픽셀 확인하기 - 미니 현미경으로 스마트폰 액정(OLED) 관찰하기	■ 스위치가 OFF 상태는 0과 ON 상태는 1로 표현할 수 있는 것처럼 미니현 우주에서 찍어 보낸 영왕성 사진도 0과 1로 이루어진 데이터를 전파로 전송지구에서 픽셀의 형태로 볼 수 있는 것임을 안내한다. ■ 현미경 사용법을 알고 바른 자세로 현미경을 사용할 수 있도록 지도한다.			
정리(5분)	- 우리 주변의 사진이나 영상이 픽셀로 이루어져 있음을 알기	■ 디지털 기기(스마트폰, 디지털카메라, 스마트 TV 등)로 보는 글과 화면, 이미지, 영상이 모두 픽셀로 구성되어 있음을 인식하게 한다.			

〈4차시〉					
학습주제	나만의 색 코드 암호 도안 만들기	관련교과	STA	차시	4/6
학습목표	- 정보 통신의 원리를 이해하고, 어플리케이션을 이용해 나만의 픽셀아트 작품 도안을 디자인할 수 있다.				
흐름	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(■)			
도입(5분)	- 구글 검색 화가 앱 살펴보기	▶ 구글 앱			
전개(30분)	- 픽셀 아트 도안 디자인하기 - 어플리케이션을 활용해 자아 디자인 도안을 영으로 구현해보기	■ 디자이너 어려운 학생들에게는 스마트 기기를 이용해 도안을 검색하여 그려볼 수 있도록 한다.			
정리(5분)	- 색으로 표현된 도안을 나만의 색 코드로 제작하기 - 진하고 싶은 색 정년을 색 코드로 암호화하기	■ 친구들이 디자인한 도안을 감상한다.			

〈6차시〉					
학습주제	작품 발표하기	관련교과	STA	차시	6/6
학습목표	- 픽셀 아트 작품을 발표하는 시간을 통해 작품 제작의 전체 과정에서 느낀 점, 알게 된 점을 서로 이야기할 수 있다.				
흐름	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(■)			
도입(5분)	- 산출된 결과물을 발표하고 상호 평가하기	■ 친구들의 작품에서 잘된 점, 보완할 점 등을 피드백 할 수 있도록 한다.			
전개(30분)	- 수전 보완할 점 피드백하기				
정리(5분)	친구들의 작품을 보고 느낀 점, 프로젝트들을 마지막 느낀 점 발표하기	작품의 설계와 제작과정에 대한 전반적인 평가가 될 수 있도록 한다.			

Fig. 2. Class schedule of STEAM education learning program

하였으며, 내용 타당도 지수(index of content validity)는 .88이었다(Scott, 1955).

4. 검사도구 및 자료처리

이 연구에서는 STEAM 교육프로그램의 효과성을 평가하기 위해 창의적 문제해결력, STEAM 태도 및 수업 만족도 측정 도구를 사용하였다. 선정된 검사 도구들은 최근 융합인재교육 관련 연구에서 활용되고 있는 도구들로(김미정과 홍준의, 2019; 한신 외, 2019), STEAM 교육프로그램에 참여한 학생들의 창의적 문제해결력과

STEAM 태도, 그리고 수업에 대한 만족도를 이해하는데 도움을 준다.

학생들의 창의적 사고 과정을 분석하기 위해 문제해결에 필요한 아이디어들을 수정하고 이를 문제해결에 적용하여 해결함으로써 나타나는 발산적 사고를 활성화하는(Csikszentmihalyi & Wolfe, 2000; Lubart, 2001) ‘아이디어 수정’, 관찰 및 사고를 통해 얻은 아이디어를 시각화하여 이미지로 표현하는 창의적 사고 과정인(Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999) ‘이미지화’, 문제해결에 필요한 여러 아이디어를 생각해내는 과정, 즉 창의적 사고 과정에서 나타나는(Csikszentmihalyi, 2000)

Table 4. The sub-construct of creative thinking methods test

하위 구인	문항번호
아이디어 수정	1~7
이미지화	8~14
과제집중	15~17
비유	18~23
아이디어 생성	24~27
정교성	28~32

‘과제집중’, 어떤 개념을 학습자에게 설명하거나 가르칠 때 친숙한 영역과 친숙하지 않은 영역 사이의 유사성을 찾아 비교하는 것을 의미하는(Gentner & Stevens, 1983) ‘비유’, 문제해결에 필요한 아이디어를 생각해내는 탐색의 과정으로 생각의 틀을 확장하여 창의적 사고 과정의 기회를 제공하는(한신 외, 2019) ‘아이디어 생성’, 생각해 낸 아이디어를 수정하고, 다듬고, 세밀화하는 과정으로, 다듬어지지 않은 아이디어를 더욱 정교한 것으로 발전시키는 창의적 사고 과정인(Lubart, 2001; Miller, 2014) ‘정교성’의 내용을 중심으로 개발된 검사 문항들을 활용하였다.

이 연구에서 사용된 창의적 사고 과정 검사의 문항 수는 총 32문항으로, ‘아이디어 수정’, ‘이미지화’, ‘과제집중’, ‘비유’, ‘아이디어 생성’과 ‘정교성’의 하위 구인이 포함된다. 측정 도구의 신뢰도 계수 Cronbach's α 는 창의적 사고 과정 도구가 .735로 높은 신뢰도를 보였다. 이 도구의 하위 구인과 문항 구성은 Table 4에 제시되어 있다.

STEAM 태도 측정 도구는 한국과학창의재단(2018)에서 개발한 검사도구를 활용하였다. 이 도구는 정의적 영역 중심의 7개의 하위구인 즉 흥미, 배려, 소통, 유용성 및 가치 인식, 자아 개념, 자아 효능감, 이공계

Table 5. The sub-construct of STEAM attitudes test

하위 구인	문항번호	
흥미	수학	3, 14, 16, 21, 34
	과학	1, 5, 7, 8, 10
배려	수학	15, 18, 39
	과학	11, 20, 26
소통	수학	22, 25, 32
	과학	12, 23, 37
유용성/ 가치 인식	수학	17, 33, 40
	과학	13, 29, 31
자아 개념	수학	28, 38
	과학	24, 30
자아 효능감	수학	2, 27
	과학	6, 35
이공계 진로 선택	수학	9, 19
	과학	4, 36

진로 선택으로 구성되며, 7단계 리커트 척도로 구성된 총 40문항으로 이루어져 있다. 이 도구의 하위 구인과 문항 구성은 Table 5와 같다.

이 연구에서는 창의적 사고 과정과 STEAM 태도 측정 도구의 자료 처리 및 분석은 SPSS 25를 사용하였다. STEAM 프로그램에 대한 수업 만족도는 한국과학창의재단(2018)의 검사지를 활용하였다. 이 도구는 5단계의 리커트 척도로 구성된 9개의 문항(소문항 18개)으로 이루어져 있다. 수업 만족도의 하위 구인으로는 ‘만족도’, ‘흥미’, 및 ‘수업 전반’이 있으며, 검사 도구의 구성은 Table 6과 같다. 이 검사도구의 Cronbach's α 값은 .85으로, STEAM 프로그램의 만족도뿐만 아니라 STEAM 수업의 수준 및 장·단점에 관한 문항으로 구성되어 있다.

Table 6. The sub-construct of STEAM satisfaction test

하위 구인	내용	문항번호
만족도	STEAM 수업에 만족하는가?	1
	앞으로도 STEAM 수업을 지속적으로 받고 싶은가?	8
	STEAM 수업의 ‘만족도’에 대한 소문항 (18개)	9
흥미	STEAM 수업은 재미있었는가?	2
	STEAM 수업 활동에 적극적으로 참여하였는가?	3
수업 전반	STEAM 수업의 내용 수준	4
	전에 받았던 수업과 오늘 참여한 STEAM 수업의 가장 큰 차이점	5
	STEAM 수업에서 좋았던 점	6
	STEAM 수업 중 가장 어려웠던 점	7

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 창의적 문제해결력 분석 결과

연구 참여자에 대한 창의적 사고 과정의 상승효과를 알아보기 위해 STEAM 프로그램 수업 전·후의 결과값의 차를 이용해 대응표본 *t* 검정(Paired Samples *t*-test)을 실시하였다. 검정 결과는 Table 7과 같으며, 검정 결과 모든 하위 구인에서 확률값이 .000로 유의미한 차이를 나타내었다($p < .05$). 또한 하위 구인의 아이디어 수정, 이미지화, 과제집중, 비유, 아이디어 생성, 정교성에 대한 사전·사후의 평균값의 차이는 각각 4.24, 4.32, 1.88, 3.67, 2.44, 3.03으로 사전보다 사후에 높은 결과를 나타내었다. 특히 아이디어 수정과 이미지화에서 다소 높은 결과값을 보여주고 있는데, 이는 학생들이 창의적 설계인 ‘픽셀아트 도안 디자인하기’와 제작한 색 코드 암호와 도안 연결의 학습 과정에서 관찰 및 사고를 통해 얻은 아이디어를 시각화하여 이미지로 표현하는 사고 과정(Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999)과 문제해결에 필요한 아이디어를 생각해내는 탐색의 과정에 해당하는 창의적 사고 과정(한신 외, 2019)을 통해 높은 결과값을 나타낸 것으로 해석된다. 또한 Stellarium 프로그램 활용과 언플러그드에 의한 문제해결에서 융합적 사고 및 절차적 과정에서의 아이디어 생성이 학습자들의 창의적 문제해결에 도움이 되었던 것으로 판단된다. 이는 STEAM 프로

그램을 통해 학생들이 문제해결에 필요한 아이디어들을 수정하고 이를 문제해결에 적용 및 해결함으로써 학생들의 발산적 사고가 활성화된다는 선행연구들의 결과(Csikszentmihalyi, 2000; Lubart, 2001)와 일치한다.

2. STEAM 태도 분석

STEAM 프로그램을 학교 수업에 적용한 후, 연구 참여자의 프로그램에 대한 STEAM 태도 변화의 효과를 검증하기 위해 사전·사후 결과값의 차를 이용해 대응표본 *t*-검정을 실시하였다. STEAM 태도의 통계적 검정 결과는 Table 8과 같으며, 하위 구인 모두에서 유의확률이 .000으로 유의미한 결과를 나타내었고($p < .05$), 효과크기(effect size) *d*의 값이 .87~.48로 수업의 효과가 큰 것으로 확인되었다(Cohen, 1988; Wolf, 1986). 이는 STEAM 태도의 하위 구인에 해당하는 흥미, 배려, 소통, 유용성, 자아 개념, 자아 효능감, 이공계 진로 선택에 대한 사전·사후의 평균값 차이가 모든 구인에서 향상되었음을 의미하는 것으로, 개발 프로그램이 학생들의 STEAM 태도에 긍정적인 효과가 있다는 연구들(김미정과 홍준의, 2019; 이상균, 2017; 이상균과 김순식, 2013; 한신과 김형범, 2019)의 결과와 일치한다. 특히 하위 구인 중 ‘흥미’와 관련된 사전·사후 평균값이 가장 많은 변화를 보이고 있는데, 이는 평소에는 경험할 수 없는 우주의 현상들을 디지털 변화와 데이터 분석의 현상들과 비교하고 체험하는 과정에서 학습

Table 7. Result of paired samples *t*-test about creative thinking methods($N=167$)

하위 구인	Time	Mean	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
아이디어 수정	Pre-test	24.59	3.058	-27.965	.000**
	Post-test	28.83	2.679		
이미지화	Pre-test	24.42	2.631	-26.967	.000**
	Post-test	28.74	2.488		
과제집중	Pre-test	10.76	2.025	-18.026	.000**
	Post-test	12.64	1.621		
비유	Pre-test	20.86	2.632	-25.852	.000**
	Post-test	24.53	2.371		
아이디어 생성	Pre-test	13.99	2.022	-23.463	.000**
	Post-test	16.43	2.043		
정교성	Pre-test	17.60	2.508	-24.828	.000**
	Post-test	20.63	2.169		

** $p < .001$

Table 8. Result of paired samples *t*-test about STEAM attitudes($N=167$)

하위 구인	Time	Mean	SD	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
흥미	Pre-test	12.10	2.322	-16.451	.000**	.87
	Post-test	14.19	2.461			
배려	Pre-test	7.47	1.881	-13.722	.000**	.69
	Post-test	8.75	1.822			
소통	Pre-test	7.69	2.011	-12.672	.000**	.60
	Post-test	8.83	1.777			
유용성	Pre-test	7.60	1.901	-12.268	.000**	.57
	Post-test	8.68	1.863			
자아 개념	Pre-test	4.83	1.703	-11.436	.000**	.48
	Post-test	5.63	1.637			
자아 효능감	Pre-test	5.05	1.508	-11.500	.000**	.52
	Post-test	5.80	1.404			
이공계 진로 선택	Pre-test	5.05	1.571	-12.264	.000**	.56
	Post-test	5.90	1.487			

** $p < 0.001$

자들이 자신의 지식을 활용 및 탐구하면서 나타난 결과로 해석된다. 또한 3차시의 암호화·복호화 과정을 체험하는 활동에서 학생들은 스스로 STEAM 프로그램을 이수하는 동안 동기유발 및 흥미를 느끼고 여러 가지 문제를 해결하는데 상호 협력을 통한 문제 해결을 위해 노력했을 것으로 판단된다.

3. STEAM 프로그램에 대한 수업 만족도

STEAM 프로그램에 대한 초등학교생들의 수업 만족도는 Fig. 3과 같다. 우선 STEAM 수업에 대한 전반적인 ‘만족도’ 구인에서는 전체 167명 중 43명(26%)이 ‘매우 그렇다’로 응답하였으며, 42명(25%)이 ‘대체로 그렇다’로, 47명(28%)이 ‘보통이다’로 답하였다. 35명(21%)만이 ‘대체로 그렇지 않다’에 응답하였는데, 이에 대한 인터뷰에서 “단위 시간당 학습량이 많다”는 의견과 함께 “상호 협력에 의한 문제 해결의 과정이 어색했다”는 의견이 다수를 이루었다.

STEAM 프로그램 수업에서 나타난 학생들의 ‘흥미’ 구인에서는 33명(20%)이 ‘매우 그렇다’, 43명(26%)이 ‘대체로 그렇다’로, 41명(24%)이 ‘보통이다’로 응답하였다. ‘대체로 그렇지 않다’에서는 50명(30%)이 응답하였는데, 이와 관련하여 학생들은 “컴퓨터 정보 처리 방식을 이해하고 이를 이미지로 저장·표현하는 과정에서 다소 어려움이 있었다”는 의견을 보였다. 즉, 정보

처리에 대한 이해 및 디지털 변환 과정에 대한 절차적 과정(Wing, 2008)의 어려움 등이 본 수업에 대한 흥미도에 다소 부정적인 영향을 끼친 것으로 해석되었다.

수업 전반에 대한 난이도에서는 전체 167명 중 39명(23%)만이 ‘매우 쉽다’로 응답하였으며, 46명(28%)이 ‘대체로 쉽다’, 35명(21%)이 ‘보통이다’로 답하였다. 47명(28%)이 ‘대체로 어렵다’에 응답하였는데, 이는 이 연구에서 개발한 프로그램이 학생들에게 우주와 천체 관측을 시작으로 먼 우주에서 촬영된 디지털 정보가 0과 1의 조합으로 이루어져 우리에게 전달된다는 사실과 컴퓨터의 데이터 전송 방법 및 정보통신의 원리를 이해하고, ‘디폴블럭’이라는 도구로 시각화하여 정보가 전달되는 픽셀아트 작품을 제작하는 과정에서 다양한 아이디어를 생각할 수 있는 기회가 많이 주어졌음을 긍정적으로 평가하면서도 다소 어렵다고 느낀 결과로 해석된다. 특히 향후 본 프로그램으로 수업이 진행된다면, 이에 대한 사전 설명회 및 워크숍이 이루어지면 프로그램 참여에 큰 도움이 될 것이라는 의견도 있었다.

STEAM 프로그램에 관한 만족도의 평균값은 ‘만족도’, ‘흥미’, ‘수업 전반’ 각각 3.55, 3.35, 3.46으로 나타났다. 특히 ‘흥미’의 결과는 다른 STEAM 프로그램의 연구 결과와 비교하여(이상균, 2017; 이상균과 김순식, 2013) 가장 낮은 값을 나타내었는데, 이는 다른 선행연구

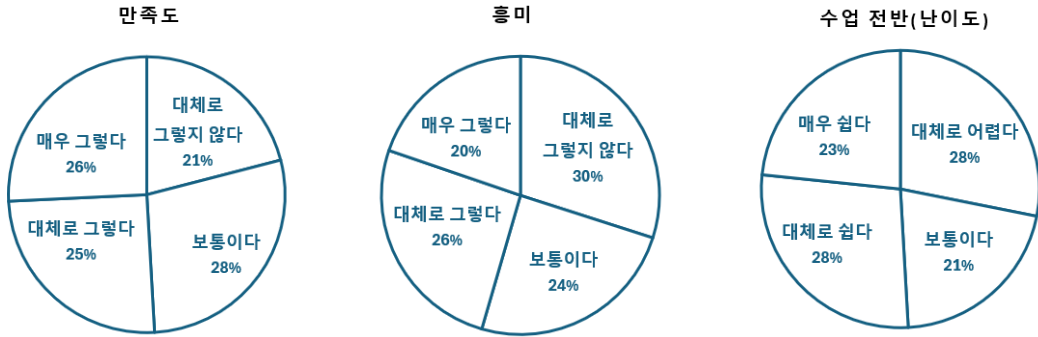


Fig. 3. Satisfaction of STEAM education(N=167)

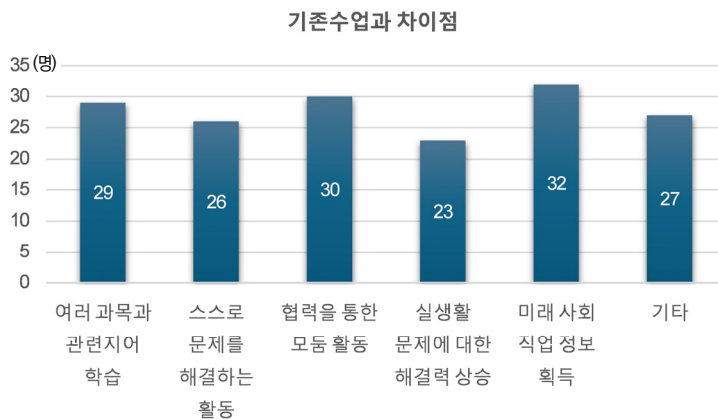


Fig. 4. Differences from existing classes of STEAM education learning(N=167)

구들과 비교했을 때, 무선통신, 컴퓨터 정보처리 등 디지털 관련 탐구활동을 통해 융합적 사고 능력과 탐구 능력의 체험활동(hands-on)이 이루어진 점이 반영된 결과로 해석된다.

마지막으로, Fig. 4와 같이 기존의 STEAM 수업과의 차이점에 대해서는 32명(19%)이 “미래 사회 직업정보를 획득하는 데 도움이 되었다”고 응답하였고, 30명(18%)이 ‘협력을 통한 모둠 활동’을, 29명(17%)이 ‘여러 과목과 관련지어 학습되는 점’을, 26명(16%)이 ‘스스로 문제를 해결하는 활동’을, 23명(14%)이 ‘실생활 문제에 대한 해결력 상승’으로 응답하였으며, 27명(16%)은 ‘기타’의 의견으로 ‘기존의 강의식 수업과는 다른 협력 수업’이라는 점에서 차이점을 들었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 ‘픽셀의 비밀을 풀어보자’를 주제로

전문우주 관측자료를 분석해보는 STEAM 교육프로그램을 개발하였고, 이를 초등학교 현장에 적용하여 수업의 효과성을 알아보고자 하였다. 이 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 연구 참여자에 대한 창의적 사고 과정의 상충 효과에서는 사전·사후 점수 차이에 의한 대응표본 t-검정 결과, 모든 항목에서 유의미한 값을 나타내었으며 ($p < .05$), 사전보다 사후에 높은 평균값을 나타내었다. 태양계를 구성하는 태양과 행성과 대표적인 별자리에 관한 자료를 수집·분류·해석하는 과정에서 Stellarium 프로그램과 언플러그드를 활용한 문제 해결 활동이 학습자들의 창의적 문제해결력에 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 첨단기기에 대한 활용도를 높이고 융합적 사고를 촉진하기 위한 교수·학습 방법 및 교수 전략의 개발과 STEAM 프로그램 활용에 대한 연구가 더욱 다양하게 이루어져야 할 것으로 판단된다.

둘째, STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차이에 의한 대응표본 t-검정에서 모든 항목이 유의미한 값을

나타내었다($p < .05$). 학생들은 STEAM 프로그램을 이수하는 동안 동기부여 및 흥미를 느끼며 여러 가지 문제를 해결하기 위해 노력한 것으로 판단된다. 또한 픽셀아트 작품 제작 과정에서 창의력과 집중력을 발휘하였으며, 작품에 대한 정보를 나누고 서로 협력하며 소통하는 자세로 수업 활동에 참여한 것으로 보인다.

셋째, STEAM 프로그램 적용 후 실시한 수업 만족도 검사에서 하위 구인인 ‘흥미’ 부분에서는 ‘대체로 그렇지 않다.’에서 다른 결과보다 다소 낮은 값을 나타내었는데, 이는 학생들이 컴퓨터의 정보처리 방식을 이해하고 이를 이미지로 저장하고 표현하는 과정에서 체험 활동보다는 인지적 영역의 수업이 진행되는 동안 어려움을 겪었기 때문으로 해석된다. 디지털의 변환과 이에 대한 이해에서 학생들의 수업의 흥미도가 낮아진 것으로 보인다. 향후 수업에서는 체험 활동과 개념적 이해 중심의 수업 비중이 적절하게 이루어져야 할 것으로 사료된다.

이 연구의 결론을 바탕으로 후속 연구에 대한 제언을 하면 다음과 같다. 우선, 이 연구에서 개발한 STEAM 프로그램은 초등학생들을 대상으로 일부 지역 및 10주의 짧은 기간 동안 수업에 적용되었기 때문에, 이 프로그램이 초등학생에게는 다소 어려운 내용이었고 첨단기기 사용에 중점을 둔 Hands-on 활동이 주를 이루었으므로, 프로그램의 효과를 일반화하는 데 있어 다양한 학교급과 수업 참여자들의 효과성 여부를 판단하는 후속 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 STEAM 프로그램의 학교 현장 적용 시기와 지역별 교육 환경이 상이하여 프로그램의 난이도가 연구 결과에 영향을 미칠 수 있으므로, 후속 연구에서는 학교급, 학년 대상, 적용 시기 및 프로그램의 난이도를 고려한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

국문요약

이 연구에서는 천문·우주의 디지털 자료를 중심으로 한 STEAM 프로그램을 개발하고, 무선 표집된 초등학교 6학년 학생 167명에게 적용하여 창의적 문제해결력 향상을 위한 STEAM 프로그램의 수업 효과를 알아보고자 하였다. 이 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 창의적 문제해결력에 대한 STEAM 프로그램의 수업 전·

후 통계적 검정에서 유의미한 결과를 나타내었다($p < .05$). 이는 디지털 중심의 문제 해결 과정에서 학생들이 융합적 사고와 아이디어 생성의 절차적 과정을 통해 STEAM 프로그램이 창의적 문제해결력 향상에 도움을 주었음을 시사한다. 둘째, STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차이에 의한 대응표본 t -검정에서 모든 항목에서 유의미한 결과가 나타났다($p < .05$). 디지털 수업 자료를 분석하고 픽셀아트 작품 제작을 통한 발표 과정을 통해 흥미, 소통, 유용성 등에서 STEAM 태도에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단되며, 이는 향후 첨단 기술을 활용한 융합 교육 프로그램 개발의 필요성을 강조한다. 셋째, STEAM 프로그램 적용 후에 실시한 수업 만족도 검사에서는 ‘만족도’ 구인은 평균 3.55, ‘흥미’는 3.35, 그리고 ‘수업 전반의 난이도’는 3.46을 나타내었으며, 기존 수업과의 차이점으로는 ‘미래 사회 직업정보 획득’이 강조되었다. 다만, 디지털 변환과 해석 과정에서 수업의 흥미도가 다소 낮아진 부분을 고려하여, 향후 수업에서는 체험 활동을 고려한 적절한 수업시수 배분이 필요할 것으로 판단되며, 향후 개발된 프로그램의 일반화를 위해 다양한 학교급, 적용 시기, 난이도를 고려한 후속 연구가 필요할 것이다.

주제어: 디지털, STEAM, 융합적 사고, 창의적 문제해결력

References

- 고은성(2019). 초등학교 수학교과서에 나타난 STEAM 교육 사례 분석: 2015 개정 교육과정을 중심으로. 초등교육연구, 30(2), 173-187.
- 교육부(2022). 2022 개정 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2022-33호 [별책 9]. 세종: 교육부.
- 김미정, 홍준의(2019). 고등학생을 위한 항공기, 공항 관련 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 및 적용 효과. 생물교육, 47(3), 384-392.
- 김정아, 김민규, 김용민, 유혜진, 김종훈(2019). 파이썬을 활용한 데이터 시각화 교육이 초등학교 6학년 학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 효과. 정보교육학회는 문지, 23(3), 197-206.
- 김지용, 권대용, 이형국, 김순화, 한규정(2015). 융합적사

- 고력 및 과학적 문제해결력 신장을 위한 창의체험형 R-STEAM 프로그램 개발 및 적용. 문화예술콘텐츠, 14, 105-126.
- 명전옥(2001). 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22(5), 339-349.
- 박찬솔, 손정우(2020). 탐구적 과학 글쓰기를 통한 데이터 기반 과학 탐구학습이 초등학생의 과학과 핵심역량에 미치는 영향. 교사교육연구, 59(2), 245-258.
- 배성희, 김형범(2016). 중등 교사의 과학 교수 효능감이 천문 수업에 미치는 영향: 근거 이론을 중심으로. 한국콘텐츠학회논문지, 16(3), 607-616.
- 손준호, 김중희, 김영곤(2014). 천문 STEAM 프로그램에서 코딩의 활용이 초등과학 영재학생의 자기주도적 학습 태도에 미치는 효과. 한국지구과학회지, 35(7), 572-584.
- 안미리, 박인심, 변현정(2017). 창의적 사고기법에 관한 사례연구: 창의적 사고기법 적용수업이 영어쓰기 능력과 창의적 성향에 미치는 영향. 문화와 융합, 39(6), 235-266.
- 유상미, 김형범, 김용기, 김홍태(2021). WWT 빅데이터를 활용한 중학교 STEAM 프로그램 개발 및 적용. 대한지구과학교육학회지, 14(1), 33-47.
- 이상균(2017). 과학과 Eco-STEAM 수업이 초등학생들의 환경소양과 STEAM 태도에 미치는 효과. 대한지구과학교육학회지, 10(1), 62-75.
- 이상균, 김순식(2013). 지역체험자원을 활용한 STEAM 수업이 과학적 태도와 융합인재소양에 미치는 효과. 대한지구과학교육학회지, 6(3), 261-270.
- 이지윤, 최정주, 박소나(2015). 스마트 제품디자인 방법론 기반 고등학교 STEAM 교육 프로그램 개발 및 적용 연구. 디지털디자인학연구, 15(2), 203-212.
- 이희후(2019). 데이터 시각화 도구를 활용한 STEAM 프로그램이 초등학생의 지식정보처리 역량, 과학기술에 대한 태도에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 임청환, 정진우(1993). 국민학교 자연과 천문분야 내용 분석과 문제점. 한국과학교육학회지, 13(2), 247-256.
- 한국과학창의재단(2018). 2017년 융합인재교육(STEAM) 사업 성과분석 연구[AD18030006]. 서울: 한국과학창의재단.
- 한신, 김용기, 김형범(2019). 자연재해 주제를 활용한 창의융합 HTE-STEAM(융합인재교육) 프로그램 개발 및 효과. 대한지구과학교육학회지, 12(3), 291-301.
- 한신, 김형범(2019). 초등학생을 위한 활동중심 STEAM 교육프로그램의 개발 및 적용 -‘자외선’ 주제를 중심으로. 한국콘텐츠학회논문지, 19(6), 513-523.
- 홍기대(2009). 초등 지리수업에서 사고기법을 통한 창의적 사고력의 신장방안. 사회과학, 48(4), 161-173.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for behavioral sciences* (revised ed.). New York: Academic Press.
- Cropley, A. J. (1999). Definitions of creativity. *Encyclopedia of Creativity*, 1, 511-524.
- Csikszentmihalyi, M., & Wolfe, R. (2000). New conceptions and research approaches to creativity: Implications of a systems perspective for creativity in education. *International Handbook of Giftedness and Talent*, 81-93. Elsevier Science.
- Finnish National Board of Education. (2016). *A Draft of the national core curriculum for basic education*. Helsinki: National Board of Education.
- Fouh, E., Akbar, M., & Shaffer, C. A. (2012). The role of visualization in computer science education. *Computers in the Schools*, 29(2), 95-117.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Education Studies in Mathematics*, 18, 59-74.
- Hoşgörür, V., & Bilasa, P. (2009). The problem of creative education in information society. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 713-717.
- Keating, D. P. (1980). Four faces of creativity: The continuing plight of the intellectually underserved. *Gifted Child Quarterly*, 24(2), 56-61.
- Keats, D., & Schmidt, J. (2007). The genesis and emergence of education 3.0 in higher education and its potential for Africa. *First Monday*, 12(3). Retrieved from http://firstmonday.org/issues/issue12_3/keats/index.html.
- Lubart, T. I. (2001). Models of the creative process: Past, present and future. *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 295-308.

- Maley, A., & Kiss, T. (2018). *Creativity and english language teaching: From inspiration to implementation*. London: Palgrave Macmillan.
- Miller, A. L. (2014). A self-report measure of cognitive processes associated with creativity. *Creativity Research Journal*, 26(2), 203-218.
- Root-Bernstein, R. S., & Root-Bernstein, M. (1999). *Sparks of genius: The thirteen thinking tools of the world's most creative people*. New York: Houghton Mifflin.
- Rubinstein, M. F. (1995). *Patterns of problem solving* (2nd ed). New York: Prentice-hall.
- Ryan, L., Silver, D., Laramée, R. S., & Ebert, D. (2019). Teaching data visualization as a skill. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 39(2), 95-103.
- Scott, W. (1955). Reliability of content analysis: The case of nominal scale coding. *Public Opinion Quarterly*, 19(3), 323-325.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3-15). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Tan, L. T., Goh, B., Subramaniam, S., & Ramanathan, O. (2017). Engaging secondary school students in authentic research projects based on environmental science theme. Singapore: National Institute of Education.
- Torrance, E. P. (1981). Predicting the creativity of elementary school children (1958~1980) and the teacher who "made a difference". *Gifted Child Quarterly*, 25, 55-62.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 366(1881), 3717-3725.
- Wolf, F. M. (1986). *Meta-analysis: Quantitative methods for research synthesis*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Yakman, G. (2008). *ST @M Education: An overview of creating a model of integrative education*. PATT. Retrieved from http://www.stamedu.com/2008_PATT_Publication.pdf.