

ORIGINAL ARTICLE

3D프린터 활용 체험형 STEAM 프로그램 개발 연구: ‘태양’ 개념을 중심으로

김상걸¹ · 김형범^{2*} · 김용기³

(¹충북대학교 석사과정, ²충북대학교 부교수, ³충북대학교 교수)

A Study on the Development of Experiential STEAM Program Based on Visual Impairment Using 3D Printer: Focusing on ‘Sun’ Concept

Sanggul Kim¹ · Hyoungbum Kim^{2*} · Yonggi Kim³

(^{1,2,3}Chungbuk National University)

ABSTRACT

In this study, experiential STEAM program using 3D printer was produced focusing on the content elements of ‘solar’ in the 2015 revised science curriculum, and in order to find out the effectiveness of the STEAM program, analyzed creative problem solving, STEAM attitude, and STEAM satisfaction by applying it to two middle school 77 students simple random sampled. The results of this study are as follows. First, a solar tactile model was produced using a 3D printer, and a program was developed to enable students to actively learn experience-oriented activities through visual impairment experiences. Second, in the response sample t-test by the difference in pre- and post-score of STEAM attitude tests, significant statistical test results were shown in ‘interest’, ‘consideration’, ‘self-concept’, ‘self-efficacy’, and ‘science and engineering career choice’ sub-factors except ‘consideration’ and ‘usefulness / value recognition’ sub-factors ($p < .05$). Third, the STEAM satisfaction test conducted after the application of the 3D printer-based STEAM program showed that the average value range of sub-factors were 3.66~3.97, which improved students' understanding and interest in science subjects through the 3D printer-based STEAM program.

Key words : 3D printer, STEAM, visual impairment

I. 서론

가상현실(VR), 증강현실(AR), 인공지능(AI), 빅데이터, 3D프린터, 드론, 로봇, 사물인터넷(IoT) 등의 4차 산업혁명의 핵심 지능정보기술이 등장함으로써 사람들의 상상 속 아이디어가 현실로 나타나고, 이에 대한 교육의 패러다임도 바뀌고 있다(교육부, 2016). 일반적

으로 3D프린터는 우리 사회의 4차 산업혁명 시대로의 진입을 상징하는 대표적인 도구로서 입체형 사물을 적층하는 방식으로 사물이나 실물 제품을 출력시키는 프린터이다(정지현, 2020). 미래창조과학부(2016)와 산업통상자원부(2014)에서 3D프린팅 산·학·연 전문가를 결집하여 중·장기 로드맵 수립위원회를 구성, 3D프린팅 산업 육성과 기술확보 전략 마련을 위한 국가전략을

Received 29 March, 2022; Revised 22 April, 2022; 27 April, 2022; Accepted 28 April, 2022

*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.

수립해오고 있다.

3D프린터 기반의 교육관련 선행연구를 살펴보면, 다음과 같다. 최경철(2016)은 3D프린터를 활용해 설계 원리, 실행원리를 도출한 교육프로그램을 개발하였고, 학생들의 학습효과에 긍정적인 결과를 주었다는 연구 결과를 보고하였다. 최형신 외(2015)는 3D프린팅의 교육적 활용 방안 연구를 ‘창의적 디자인 모델 기반 수업’으로 개발하였고, 3D 모델링 능력 향상을 위해 3D 모델링 소프트웨어를 분석하고, 이를 초등교과에 도입할 수 있도록 하여 출력 결과물을 창의적으로 디자인할 수 있는 교육 프로그램을 개발하였다. 박용서(2016)는 3D프린터를 활용한 입체기하학습이 학생들의 공간 시각화 능력과 정의적 태도의 변화에 미치는 영향에 대해 연구하여 중학생들이 공간시각화능력과 수학적 성향, 수학적 태도에 긍정적인 변화가 생겼음을 밝혀내었다. 그러나 아직까지 3D프린터를 천문교과에 활용한 STEAM 프로그램 및 교수·학습 관련 자료는 부족한 실정이다.

천문학은 학문적 특성상 시공간 규모가 매우 크며, 학교 교육의 관점에서 다른 과학 분야와 달리 탐구 대상인 천체들이 먼 거리에 있고, 쉽게 관측하기 어려우며, 실험실에서 동일 실험과 반복 실험이 불가능한 학문적 특성을 가지고 있다(김범기 외, 1996; 임청환과 정진우, 1993). 천문 분야는 추상적이고 직접 관측하기 어려운 개념에 대한 연구들이 많고(명전옥, 2001), 이로 인해 천문 영역은 학습자들에게 어렵게 인식되고 있으며, 그만큼 오개념이 많이 나타나는 영역이다(배성희와 김형범, 2016). 3D프린터를 활용해 아이디어를 스케치하고 도면을 제작하며, 출력된 결과물을 통해 문제를 파악하고 해결하는 일련의 과정들이 학생들의 창의력과 유창성 및 흥미를 향상시킨다는(신은수, 2018; 이영찬, 2015) 연구 결과를 통해 3D프린터를 학습자들이 어렵게 느끼는 천문 분야에 이용한다면, 학습자들의 흥미 유발과 올바른 과학적 개념을 학습하는 데 도움이 될 것이다. 특히, 교과서에 제시되어 있는 천문 관련 내용이 최신 정보를 정확히 반영하지 못하고 있으며, 학교와 같은 형식적 교육현장에서는 천문과 관련된 탐구활동을 학생들이 실제적으로 경험하기 어렵기 때문에(손준호 외, 2014), 지능정보기술을 활용한 교구제작 및 STEAM 프로그램 개발을 통한 Hands-On 활동 중심의 연구활동이 활발하게 진행되고 있다. STEAM

교육은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 예술(Arts), 수학(Mathematics)을 연계한 융합인재교육이다. STEAM은 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation & Development) 국가를 비롯한 선진국들이 추진하고 있는 STEM에 예술 및 인문학적 요소인 Arts를 포함시킨 것으로, 대한민국은 STEAM 교육을 통해 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 문제 해결 능력을 배양할 수 있는 미래인재 양성 교육을 추진하고 있다(백운수 외, 2011; Jeong & Kim, 2015). ‘천문’ 내용을 주제로 한 국내의 STEAM 프로그램의 선행연구를 살펴보면, 다음과 같다. 박송이(2015)는 중학교 영재 학생들을 대상으로 천문학 주제의 STEAM 교육이 과학에 대한 정의적 영역, 특히 자신감 영역에서 큰 효과를 보였다고 밝혔다. 강부현(2018)은 팽창우주 개념을 중심으로 STEAM 프로그램을 개발하여 중학생들의 과학에 대한 태도 및 개념에 미치는 영향을 연구하였고, STEAM 프로그램을 통해 학생들의 과학에 대한 가치적 영역, 학습에 대한 태도가 유의미하게 향상된 것으로 나타났다. 하지만 지능정보기술 즉, 3D프린터를 활용한 STEAM 프로그램의 개발 및 적용에 대한 연구는 많이 부족한 것이 현실이다. 일반적으로, 학교에서 배우는 천문학은 평면의 학습자료, 또는 간접적인 실험으로 인해 학습자의 수준에 따라 이해의 정도에 차이가 크다. 그 예로 달과 행성의 경우, 눈으로 직접 관찰할 수 없는 상대적 운동을 2차원 그림이나 3차원 모형 등으로 간접적인 경험을 해야하기 때문에 학습자의 공간지각능력에 따라 오개념(명전옥, 2001) 등 학습 효과에 차이가 발생한다. 또한, 현상이나 물체를 접할 수 없을 때 발생하는 오개념(우종욱 외, 1995) 등으로 인해 천문학은 학생들에게 어려운 과목으로 인식되어 있다. 따라서, 이 연구에서는 ‘태양’ 개념을 중심으로 하여 3D프린터 활용 학습자가 직접 만져보고 만 들어 볼 수 있는 태양축삭모형을 활용한 STEAM 프로그램을 개발하였고 이에 대한 효과를 알아보고자 하였다.

한편, 장애인은 사회적 약자이면서 우리 사회의 구성원으로 장애인과 비장애인이 동등한 입장에 있음을 통합 교육의 목표로 삼아왔다(박아진, 2013). 따라서 지능정보기술을 활용한 교구제작 및 STEAM 프로그램 개발 등의 STEAM 교육은 학습의 증진뿐만 아니라, 자기 주도적 학습이 가능해지고 소통 기반의 협력적 상호작용이 비장애학생과 장애학생들의 의사소통에 증

정적인 영향을 주기 때문에 이에 대한 연구활동이 활발히 진행되고 있다(김학범 외, 2019). 현대 사회에서 사회의 구성원으로 살아가기 위해 타인을 이해하는 마음과 행동은 필수적이라 여겨지며, 학교 교육에서는 타인을 바르게 인식하고 소중히 여길 줄 아는 사람으로 교육하는 것이 필요하다(김학범 외, 2019). 이에 비장애학생이 장애를 이해하기 위해 체험형 교육을 진행하고 개발하는 것은 장애학생이 동등한 입장에 있음을 인지하고 타인을 바르게 인식하는 과정이 될 것이다. 장애를 이해하는 내용에 관한 체험형 교육프로그램의 선행연구는 다음과 같다. 문영호(2000)는 초등학교 5~6학년을 대상으로 장애체험을 통해 체험 전과 후에 장애아동에 대한 인식 변화에 대해 연구를 진행하였다. 이 연구를 통해 장애체험이 장애아동에 대한 일반아동의 인식 변화와 행동적 의도를 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 김희규(2004)는 초등학교 1, 3, 5학년을 대상으로 장애 이해 교육을 실시하여 장애아동에 대한 인지적 요인과 행동적 요인의 변화에 대해 연구하였다. 연구 결과, 장애 이해 교육이 장애아동에 대한 일반아동의 태도가 전반적으로 개선되었고, 체험중심의 교육활동이 일반아동의 장애아동에 대한 인식 변화에 긍정적인 영향을 주었다고 밝혔다. 최근 4차 산업혁명으로 인한 기술의 발전과 융합인재교육의 등장으로 교육의 질은 꾸준히 높아지고 있으며 학생들의 창의력, 과학 및 수학에 대한 태도, 흥미도를 향상시키기 위한 STEAM 프로그램과 교수-학습 전략이 꾸준히 개발되고 있다. STEAM 프로그램을 개발하고 적용하는 것은 융합된 주제의 체험활동을 통해 시각장애 학생 자체의 학업 성취도에 긍정적인 영향을 줄 뿐만 아니라, 일반 학생들에게도 실제 사회에서 함께 살아가야 할 장애학생들에 대한 소통과 배려의 교육으로 이루어 질 수 있다(김학범 등, 2019). 또한, 인간이 정보를 습득하는데 있어서 단어보다 그림이 더 잘 기억된다는 기억 전략 이론(Paivio, 1971)에 따라 시각장애 학생들에게

추상적이고 관측하기 어려운 천문학적 개념을 단어와 문자를 통한 촉각자료보다 3D 촉각 자료를 통한 교육을 진행한다면 학업 성취도에 긍정적인 영향을 기대할 수 있다. 우리나라 특수교육 분야에서의 지능정보기술을 활용한 체험중심의 STEAM 교육은 다양하지 않으며, 부족한 것이 현실이다. 이에 본 연구에서는 중학생들을 대상으로 체험형 STEAM 프로그램을 개발하였으며, 이에 중학생들이 시각장애인에 대해 이해해 볼 수 있는 경험을 제공함과 동시에 STEAM 태도와 만족도에 대한 적용 효과를 알아보았다. 따라서 이 연구에서의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 3D프린터 활용 시각장애 체험 중심의 체험형 STEAM 프로그램이 중학생들의 STEAM 태도에 어떠한 영향을 주는가?

둘째, 3D프린터 활용 시각장애 체험 중심의 체험형 STEAM 프로그램이 중학생들의 수업만족도에 어떠한 영향을 주는가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

이 연구는 Table 1과 같이, 대전지역 소재 D 중학교의 학생 20명과 충청남도 소재 B 중학교의 학생 57명을 대상으로 무선 표집하여 총 77명을 대상으로 연구를 진행하였다. 이 연구에서는 연구 참여자들의 자발적인 참여 의사를 확인하였으며, 학교장과 학부모의 동의 절차를 거쳐 연구가 진행되었다.

2. 연구 절차

2015 개정 과학과 교육과정의 내용 체계 중 ‘태양’의 내용요소를 중심으로 탐색적 연구 방법을 통해 주요 핵심 개념을 추출하였고, 시각장애를 위한 3D프린

Table 1. Participants in this study

구 분		연구 참여 인원 (명)	측정 도구 참여 인원(명)*	
지역	중학교		STEAM 태도	수업 만족도
대전광역시	D	20	13	20
충청남도	B	57	42	57

*연구참여자 77명 중 검사지별 사전·사후에 따른 결측치는 제외하였음.

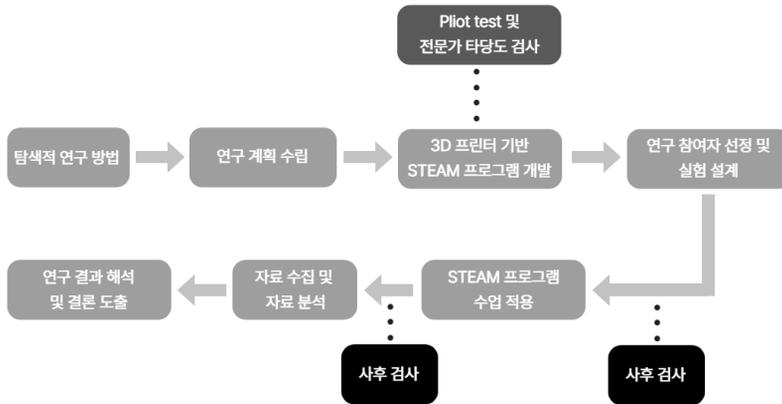


Fig. 1. Research Process

Table 2. Research Process

G	O _{1A}	X	O _{2A} , O _{2B}
G	실험 집단		
OA	STEAM 태도 검사지		
OB	수업 만족도 검사지		
X	STEAM 프로그램을 통한 수업		

터 활용 태양축각모델 교구를 중심으로 이론적 고찰 및 STEAM 프로그램 및 교수·학습 모델의 탐색, 그리고 이를 통한 최종 3D프린터 기반의 STEAM 프로그램을 개발하였다. 또한 타당도 검증을 위해 Pilot test를 실시하였고 전문가 타당화를 실시하였다. 개발된 STEAM 프로그램의 현장 적용을 위하여 연구 참여자를 무선표집하여 선정하였고, 대전 지역 D 중학교의 20명, 충남 지역 B 중학교의 57명을 대상으로 10월~11월까지 총 3차시의 수업을 진행하였다. 마지막으로 프로그램의 효과성을 검증하기 위해 사전·사후에 STEAM 태도 검사를 실시하였고, 사후에 STEAM 만족도 검사를 실시하였다. 이에 대한 연구 절차는 Fig. 1과 같다. 따라서 이 연구에서 개발한 ‘태양’ 개념 중심의 3D프린터 활용 시각장애 체험형 STEAM 프로그램의 실험 설계는 Table 2와 같다.

3. 프로그램 개발 절차

이 연구에서 개발한 ‘태양’ 개념 중심의 3D프린터 활용 시각장애 체험형 STEAM 프로그램의 요소 및 내용은 Table 3과 같다.

이 연구에서 개발한 STEAM 프로그램의 STEAM 요

소, 교수·학습 내용은 다음과 같다. 우선 태양 표면과 대기의 특징, 태양의 활동이 지구에 미치는 영향에 대한 개념 이해에서는 ㉓, 3D프린터로 출력한 태양축각모델 교구(Fig. 2)를 직접 만져보며 태양 표면과 대기의 특징, 그리고 내부의 특징까지 탐색해보는 과정에서는 ㉓, ㉔, ㉕, 비시각장애 학생의 입장에서 시각장애 학생과 함께 태양을 학습한다면, 어떤 교구가 필요하며 그 교구를 제작하기 위해선 어떤 제품 및 기술이 필요할지 생각해보는 활동에서 ㉓, ㉔, ㉖를, 3D Modeling 프로그램을 활용한 태양축각모델 제작과 3D프린터 사용법에서는 ㉓, ㉔, ㉕, ㉖의 STEAM 요소가 사용되었다.

STEAM 요소 및 학습내용을 중심으로 개발된 STEAM 프로그램의 구현 과정은 다음과 같다. 첫째, 3D프린터 및 체험형 STEAM 프로그램의 이론적 고찰과 STEAM의 학습 준거 틀을 토대로 초기 STEAM 프로그램을 구안하였다. 둘째, 구안된 STEAM 프로그램의 타당도를 확보하기 위해 전문가 검토 방법을 이용하였다. 이 연구에서 개발한 3D프린터 활용 체험형 STEAM 프로그램 구안을 위해 과학교육 전문가 박사 3인, 박사과정생 1인, 석사 1인의 총 5인이 전문가 타당화 과정에 참여하였으며 STEAM 프로그램의 차시별 주요 교수학습내용에 따른 5점 척도의 설문내용을 중심으로 타당화 과정

Table 3. STEAM elements and teaching-learning content

STEAM 요소	교수·학습 내용
⑤	우리 눈에 보이는 태양은 일부이며 가시광선 영역이 아닌 다른 파장에서 보이지 않는 태양의 다른 모습이 있음을 인식한다.
⑤, ㉑, ㉒	3D프린터로 출력한 태양촉각모형을 만져보고, 이에 태양 표면과 대기, 내부의 특징을 탐색해본다.
⑤, ㉑, ㉒	비시각장애 학생의 입장에서 시각장애 학생과 함께 태양을 학습한다면, 어떤 교구가 필요하며 그 교구를 제작하기 위해선 어떤 제품 및 기술이 필요할지 생각해본다.
⑤, ㉑, ㉒, ㉒	나만의 태양촉각모형 제작 및 체험하기

⑤Science 과학, ㉑Technology 기술, ㉒Engineering 공학, ㉒Arts 예술

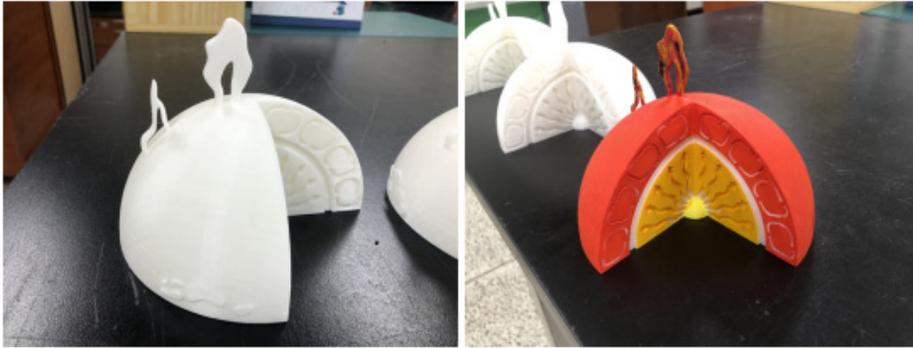


Fig. 2. A solar tactile model was produced using a 3D printer

을 거친 결과, 설문 문항에 대한 응답자 5명간의 의견일치지수(Scott, 1995, 321p.)는 .82로 높게 나타났다. 이 연구에서 개발한 3D프린터 활용 체험형 STEAM 프로그램의 차시별 교수·학습 프로그램은 Table 4와 같다.

이 연구에서 개발한 STEAM 프로그램의 1차시 ‘상황제시’ 단계에서는 3D프린터의 소개와 함께 3D프린터로 제작한 태양촉각모형을 대표적인 사례로 소개한다. 태양촉각모형을 활용하여 태양의 내·외부 모습을 눈으로 관찰하거나 손으로 만져보면서 특징을 탐구할 수 있다. 또한 우리가 볼 수 있는 가시광선 영역을 제외한 다른 파장대의 영역에서 태양이 어떤 모습으로 보이는지 확인하고 이 과정을 시각장애에 대한 관점으로 연결시켜본다. 2차시는 ‘창의적 설계’ 단계로 시각장애를 가진 사람이 어떤 불편함을 가졌는지에 대한 공감과 본 STEAM 학습에 대한 문제를 인식한다. 또한, 3D 모델링 프로그램의 사용법을 익히고, 태양촉각모형을 직접 제작하기 위한 방법을 익힌다. 다음으로 모듈별 활동을 통해 나만의 태양촉각모형을 설계해보고 발표해본다. 모듈별로 제작한 다양한 태양촉각모형을 서로 바꿔가며 체험한다. ‘창의적 설계’ 단계에서 시각장애 체험을 통해 어떤 태양촉각모형을 제작할지

아이디어를 추출하고 주제를 선정하며 모듈별 활동에서의 역할 분담 및 나만의 태양촉각모형을 설계해보는 활동은 Fig. 3과 같다.

3차시는 ‘감성적 체험’ 단계로, 모듈별로 제작한 태양촉각모형을 참고로 시각장애 학생과 함께 태양 주제의 학습을 한다면 어떤 교구가 필요하며 제작한 태양촉각모형을 어떤 방법으로 보완하면 좋을지 모듈별 토론을 진행해본다.

4. 검사도구 및 자료처리

이 연구에서는 STEAM 프로그램에 대한 연구 참여자들의 태도를 알아보기 위해 한국과학창의재단(2018)에서 개발한 STEAM 태도 검사지를 활용하였다. 이 검사지는 초·중등 대상으로 적합하며, STEAM 교육의 정의역 영역 중심의 문항으로 구성되어 있으며, 총 7개의 하위 구인과 40문항으로 이루어진 태도 검사지이다. STEAM 태도 검사지의 하위 구인 구성은 Table 5와 같다.

한편, 이 연구에서는 연구 참여자들의 STEAM 프로그램에 대한 만족도와 인식을 조사하기 위해 한국과학창의재단(2018)의 STEAM 만족도 검사지를 활용하였

Table 4. Teaching-learning content of STEAM program based on visual impairment using 3D printer

차시	STEAM 준거틀	차시별 교수 학습 내용	중심 교과	STEAM 요소
1	상황제시 (Co)	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 모습의 태양 영상을 통해 가시광선 이외의 영역에서 보이지 않는 태양의 모습을 확인한다. (Co) • 3D프린터로 출력한 태양촉각모델을 이용하여 태양의 특징을 확인할 수 있다. • 보이지 않는 영역에서 많은 에너지는 내는 태양의 모습을 보면서 볼 수 있다는 것의 의미를 알고 시각장애에 대해 같은 관점으로 생각해본다. (ET) 	과학 기술	S, T, E
2	창의적 설계 (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> • 시각장애 체험을 통해 시각장애를 가진 사람이 어떤 불편함을 가졌는지 공감하고, 문제를 인식한다. (Co) • 3D Modeling 프로그램을 이용하여 3D프린터로 출력할 태양촉각모델을 설계해본다. (CD) 	과학 정보	S, T, A
3	감성적 체험 (Et)	<ul style="list-style-type: none"> • 시각장애 학생과 함께 태양을 주제로 학습을 한다면 어떤 교구가 필요하며 어떻게 제작하면 좋을지 생각해본다. • 장애에 대해 올바로 이해하는 기회를 제공하여 우리 사회에서 모두가 동등한 권리를 가진 주제로 함께 더불어 살아가야 한다는 인식을 하도록 한다. (ET) 	과학 기술 정보	S, T, E, A



A. Understanding of visual impairment



B. Design of solar tactile model



C. Production of solar tactile model

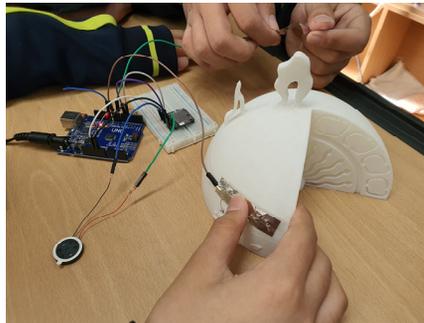


Fig. 3. Activities of 'creative design' stage

다. 이 검사도구의 문항은 5점의 Likert 척도 9개 문항과 하위문항 18개로 구성되어 있으며, STEAM 만족도의 하위구인은 만족도(3문항), 흥미(2문항), 수업 전반(4문항)으로 구성되어 있다. Table 6은 STEAM 만족도 검사지의 하위구인과 내용 및 문항을 나타낸 것이다. 연구 결과로 얻어진 자료는 SPSS 25를 사용하여 해석하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 3D프린터 활용 STEAM 프로그램에 대한 STEAM 태도 분석

이 연구에서 진행한 3D프린터를 활용한 시각장애 중심의 STEAM 프로그램에 대한 태도 분석 결과는 다음과 같다. 우선 STEAM 프로그램에 대한 중학생들의

Table 5. Sub-factor on attitude test of STEAM

하위 구인	내용	문항
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/가치인식	수학	17, 33, 40
	과학	13, 29, 31
자아개념	수학	28, 38
	과학	24, 30
자아 효능감	수학	2, 27
	과학	6, 35
이공계 진로선택	수학	9, 19
	과학	4, 36

Table 6. Sub-factor on satisfaction test of STEAM

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

태도를 7개의 하위구인 별로 분석한 결과의 사전·사후 점수 차에 의한 대응표본 t검정 값은 Table 7과 같다.

‘흥미’, ‘배려’, ‘자아 개념’, ‘자아 효능감’, ‘이공계 진로선택’ 요인에서는 통계적으로 유의미한 결과 값을 나타내었다. 이는 STEAM 프로그램의 연구 참여자들이 동기유발과 ‘흥미’를 느끼고, ‘배려’하는 과정 속에 적극적으로 문제를 해결하며 스스로 생각하는 과정을 통해 ‘자아 개념’과, ‘자아 효능감’에 긍정적인 효과를 나타낸 것으로 파악되며, 이는 정현도 외(2017)의 연구 결과와도 맥락을 같이한다. 또한 ‘이공계 진로 선택’에서도 유의미한 결과 값을 나타내었는데, 연구 참여자들이 STEAM 프로그램을 통해 과학 및 천문학에 대한 흥미를 가졌던 것으로 판단되며, 앞으로 진로를 선택

함에 있어 STEAM 프로그램이 긍정적인 영향을 끼친 것으로 판단된다. 이는 선행연구들의 결과(정현도와 이효녕, 2017; Yakman, 2007)와 일치한다. 다만, ‘소통’, ‘유용성·가치 인식’ 구인에서는 유의미하지 않은 결과 값을 나타내었는데, 연구 참여자들이 태양축각모델을 설계하고 3D프린터를 통해 설계한 태양축각모델을 출력하는 과정에 있어서 나타난 시간의 부족, 환경의 제약 그리고 시각장애인 체험을 하는 과정에서의 소통에 대한 어려움이 다소 작용했던 것으로 판단된다. 이를 보완하기 위해 STEAM 프로그램의 결과물을 만드는데 많은 시간을 편성하여 운영할 필요가 있고, 교수·학습 법에 대한 적절한 개선이 요구된다.

Table 7. Two-dependent sample *t*-test results of ‘attitude’

		N	Mean	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
흥미	사전	55	2.82	.6135	-2.626	.011*
	사후	55	2.93	.6777		
배려	사전	55	3.15	.5444	-2.436	.018*
	사후	55	3.25	.4535		
소통	사전	55	3.05	.4932	-1.232	.223
	사후	55	3.11	.5185		
유용성·가치 인식	사전	55	3.36	.4407	-1.958	.055
	사후	55	3.43	.4509		
자아 개념	사전	55	2.46	.7138	-2.988	.004*
	사후	55	2.61	.7357		
자아 효능감	사전	55	2.88	.5731	-2.257	.028*
	사후	55	2.97	.6967		
이공계 진로선택	사전	55	2.79	.6056	-4.173	.000*
	사후	55	3.00	.6400		

**p* < .05

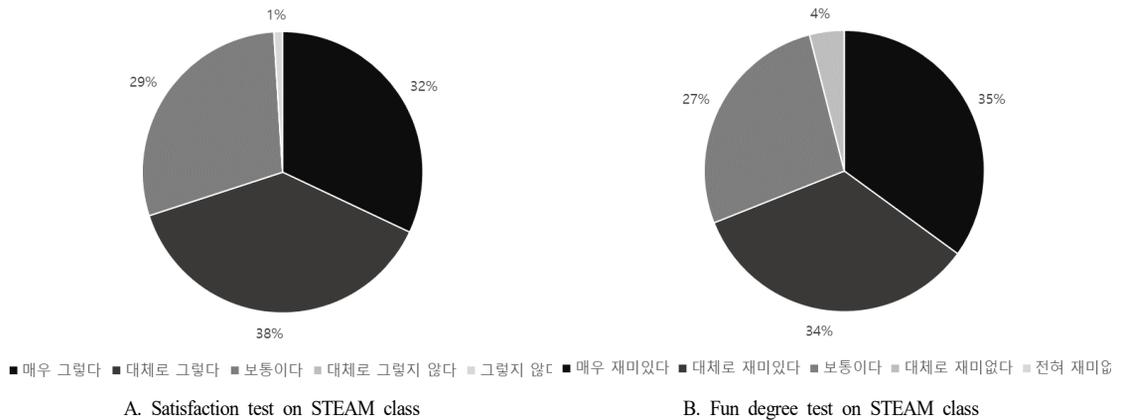


Fig. 4. Satisfaction and fun degree test on STEAM program

2. 3D프린터 활용 STEAM 프로그램에 대한 수업 만족도 분석

Fig. 4의 A와 B는 STEAM 수업만족도의 하위구인인 ‘만족도’와 ‘흥미’ 중 각각 1번 문항과 2번 문항에 대한 연구 참여자들의 응답 결과이다. 먼저 ‘만족도’ 구인 중 1번 문항의 ‘STEAM 수업에 만족하는가?’에 대한 응답으로는 전체 77명 중 22명(29%)이 ‘보통이다’로 응답하였고, 29명(38%)이 ‘대체로 그렇다’, 25명(32%)이 ‘매우 그렇다’로 응답하였다. 또한 ‘흥미’ 구인 중 2번 문항 ‘STEAM 수업은 재미있었는가?’에 대한 응답으로 전체 77명 중 21명(27%)이 ‘보통이다’, 26

명(34%)이 ‘대체로 재미있다’, 27명(35%)이 ‘매우 재미있다’로 응답하였다. 이와 같이, 연구 참여자들은 3D 프린터를 활용하여 제작된 태양촉각모형을 가지고 태양의 내·외부 모습을 탐구하거나 시각장애 체험을 통해 시각장애인이 교육을 받는 과정에서 어떠한 불편함을 가지고 있는지 공감하고 문제를 인식하는 과정에서 많은 공감과 흥미를 느낀 것으로 판단된다. 또한, 직접 태양촉각모형을 제작해보면서 적극적으로 참여하고, 본인의 아이디어를 3D프린터를 통해 시각화 구현하는 과정에 만족과 재미를 느낀 것으로 판단된다.

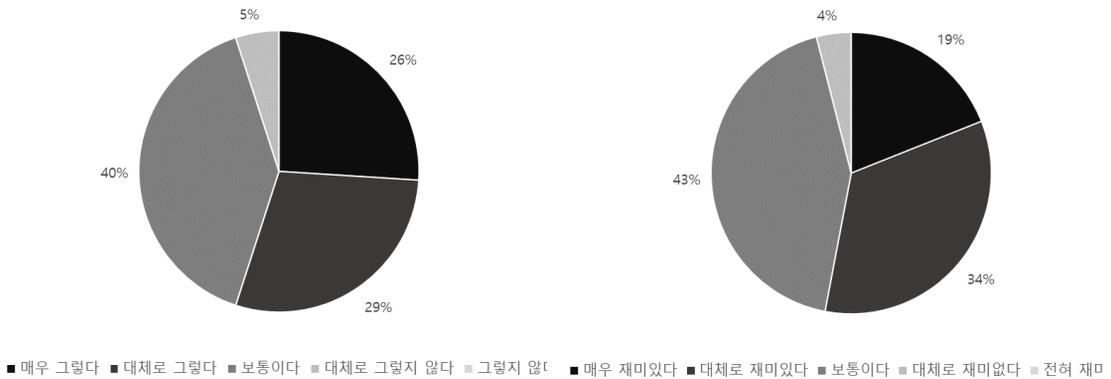
Fig. 5의 A, B는 STEAM 만족도의 하위구인인 ‘만족도’ 중 8번 문항과 ‘수업전반’에 대한 만족도 18개의 소

문항에 대한 연구 참여자들의 응답 결과이다. STEAM 수업만족도의 하위구인인 ‘만족도’의 구인 중 8번 문항의 ‘앞으로도 STEAM 수업을 지속적으로 받고 싶은가?’에 대한 응답으로는 전체 76명 중 31명(40%)이 ‘보통이다’로 응답하였고, 22명(29%)이 ‘대체로 그렇다’, 20명(26%)이 ‘매우 그렇다’로 응답하였다. 또한, STEAM 수업만족도의 하위구인인 ‘수업전반’에 대한 만족도 18개의 소문항에 대해서는 전체 77명 중 33명(43%)이 ‘보통이다’로 응답하였고, 26명(34%)이 ‘대체로 그렇다’, 15명(19%)이 ‘매우 그렇다’로 응답하였다. 이와 같이 연구 참여자들은 3D프린터를 활용한 수업이 전에 받았던 수업과 다르게 새로운 체험과 활동으로 구성되어 있어 앞으로도 본 STEAM 수업을 지속적으로 듣고 싶은 것으로 파악되었다.

Fig. 6과 같이, ‘수업전반’의 문항 중 4번 문항 ‘STEAM 수업의 내용 수준’에 대한 응답으로는 전체 77명 중 29명(38%)이 ‘보통’으로 응답하였고, 25명(32%)이 ‘만족’, 20

명(26%)이 ‘매우 만족’으로 응답하였다.

Fig. 7과 같이, ‘전에 받았던 수업과 오늘 참여한 STEAM 수업의 가장 큰 차이점’에 대한 문항의 응답으로는 전체 77명 중 24명(31%)이 ‘친구들과 협력해서 수행하는 모듈별 활동이 많다’에 답하였으며, 다음으로는 19명(25%)이 ‘수학, 과학, 실과 등 여러 과목을 연결시켜 배울 수 있다.’ 12명(16%)이 ‘스스로 생각하고 학습해야 한다.’, 10명(13%)이 ‘학생 중심의 활동이 많고, 선생님 설명은 많지 않다.’와 ‘과학, 수학 수업시간에서 배운 내용이 실제 생활에서 어떻게 활용되는지 알 수 있다.’, 2명(2%)이 ‘과학기술과 관련된 직업 정보를 얻을 수 있다.’ 등으로 응답하였다. 이는 STEAM 프로그램을 통해 연구 참여자들이 친구들과 협력하여 수행하는 모듈별 활동에서 적극적인 참여와 활발한 소통을 했고, ‘태양’ 개념과 3D 모델링, 3D프린터를 통해 과학, 기술, 정보 등 다양한 분야의 지식을 연결해서 배울 수 있음을 이해하였고, 이 과정에서 연구 참여자들이 여러 과목과 연



A. Do you want to continue taking STEAM classes? B. 18 average values of satisfaction test on overall class of STEAM

Fig. 5. Satisfaction on overall instruction of STEAM program

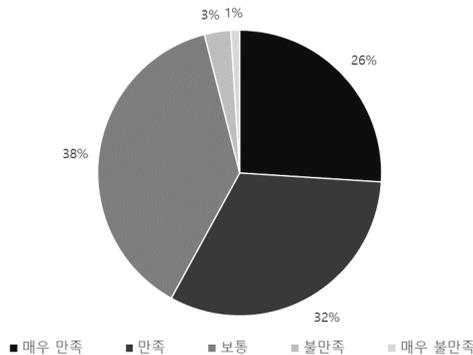


Fig. 6. Content level of STEAM class

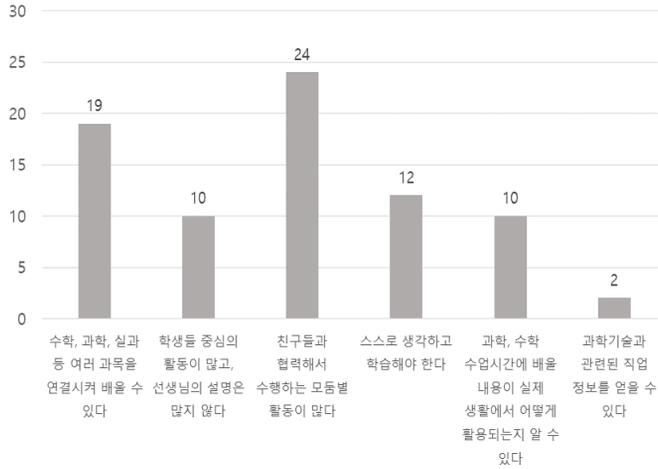


Fig. 7. Difference between previous and today's STEAM classes

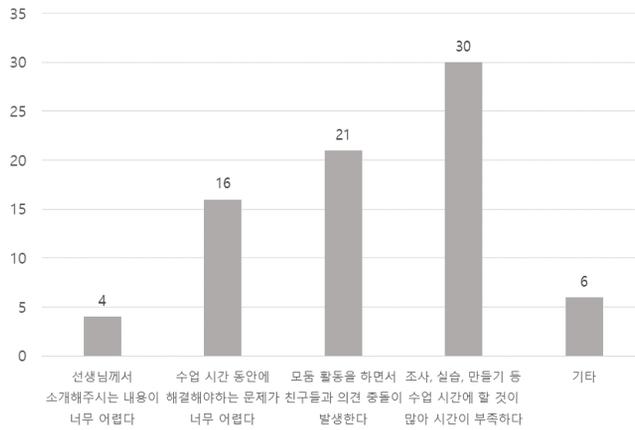


Fig. 8. Difficulty of STEAM class

관 짓는 창의적 사고(한신 외, 2020; Csikszentmihalyi & Wolfe, 2000; Miller & Dumford, 2014)를 통해 STEAM 학습 활동에 참여한 것으로 판단된다. Fig. 8은 STEAM 만족도의 하위구인인 ‘수업전반’의 7번 문항 ‘STEAM 수업에서 가장 어려웠던 점’에 대한 연구 참여자들의 응답 결과이다. STEAM 만족도의 ‘수업전반’ 하위구인 중 어려웠던 점에 대한 8번 문항의 응답에 대해서는 전체 77명 중 30명(39%)이 ‘조사, 실습, 만들기 등 수업 시간에 할 것이 많아 시간이 부족하다.’를 주요 원인으로 응답하였으며, 다음으로 21명(27%)이 ‘모둠 활동을 하면서 친구들과 의견 충돌이 발생한다.’, 16명(21%)이 ‘수업 시간 동안에 해결해야 하는 문제가 너무 어렵다.’ 및 4명(5%)이 ‘선생님께서 소개해주는 내용이 너무 어렵다.’ 등으로 답하였다. 이는 연구 참여자들이 3D 모델

링 과정과 3D프린터의 특성상 설계의 과정과 태양축각 모델의 출력 시간이 오래 걸린다는 점에서 시간의 부족이 크게 작용한 것으로 판단된다.

Fig. 9와 같이, STEAM 만족도의 ‘수업전반’ 하위구인 중 STEAM 수업에서 좋았던 점에 대한 7번 문항의 응답에 대해서는 전체 77명 중 32명(27%)이 ‘수학, 과학, 실과 등 여러 과목을 연결시켜 배울 수 있다’에 응답하였으며, 다음으로 19명(25%)이 ‘친구들과 협력해서 수행하는 모듈별 활동이 많다.’, 11명(14%)이 ‘학생들 중심의 활동이 많고, 선생님의 설명은 많지 않다.’ 및 7명(9%)이 ‘과학, 수학 수업시간에서 배운 내용이 실제 생활에서 어떻게 활용되는지 알 수 있다.’ 등으로 답하였다.

Fig. 10과 같이, STEAM 만족도의 하위구인 중 리커

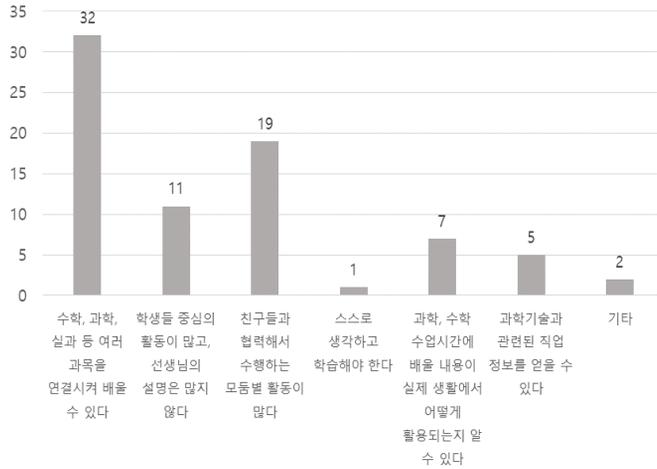


Fig. 9. Benefit of STEAM class

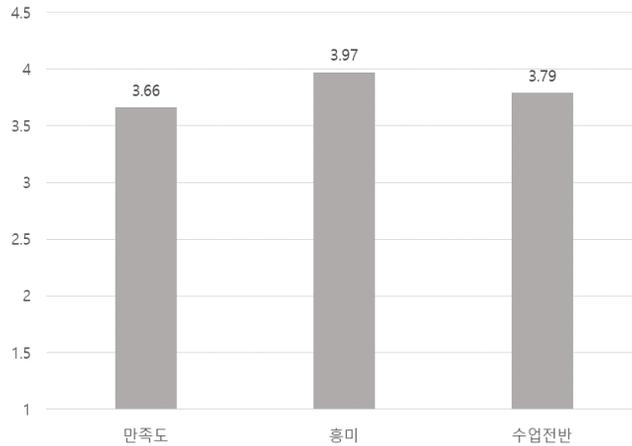


Fig. 10. Average score according to sub-factor of satisfaction test on STEAM class

트 척도 5점 만점 기준에 해당하는 ‘만족도’, ‘흥미’, ‘수업전반’ 구인의 평균은 3.66~3.97점으로 나타났으며, 이는 3D프린터를 활용한 STEAM 프로그램의 만족도가 전반적으로 긍정적 반응을 보인 것으로 판단된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 3D Modeling을 기반으로 3D프린터를 활용해 체험형 STEAM 프로그램을 개발하고, 이를 중학생들에게 적용하여 이에 대한 효과성을 검증하고자 STEAM 태도 및 수업만족도를 분석하였다. 이 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 개발한 3D프린터 활용 체험형

STEAM 프로그램은 총 3차시로, 1차시 ‘상황제시’ 단계에서는 3D프린터의 이해와 함께 3D프린터로 제작한 태양축각모형을 대표적인 사례로 소개하는 내용으로 이루어져 있다. 2차시는 ‘창의적 설계’ 단계로 시각장애를 가진 사람이 어떤 불편함을 가졌는지에 대한 공감과 본 STEAM 학습에 대한 문제를 인식한다. 3차시는 ‘감성적 체험’ 단계로, 모듈별로 제작한 태양축각모형을 참고로 시각장애 학생과 함께 태양 주제의 학습을 한다면 어떤 교구가 필요하며 제작한 태양축각모형을 어떤 방법으로 보완하면 좋을지 모듈별 토론을 진행해가는 과정으로 구성된다. 이 연구에서는 결과물을 출력하는데 오랜 시간이 소요되는 3D프린터를 주 콘텐츠로 사용하는데 있어 3차시의 짧은 STEAM 프로그램이 다소 제한적이었을 것으로 판단된다. 따라서

향후 연구에서는 시간 확보를 위해 차시를 확대하고 관련 체험에 대해 보완이 필요할 것으로 판단된다.

둘째, STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차에 의한 대응 표본 t 검정에서 하위구인 ‘소통’, ‘유용성·가치 인식’을 제외한 ‘흥미’, ‘배려’, ‘자아 개념’, ‘자아 효능감’, ‘이공계 진로선택’ 등 5개의 구인에서 수업 전에 비하여 수업 후에 .09~.21점 상승하며 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$). 즉 3D프린터 활용 시각장에 체험 중심의 STEAM 프로그램이 STEAM 태도에 전반적으로 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 STEAM 프로그램의 연구 참여자들이 스스로 흥미와 동기유발을 느끼고, 친구들과 협력하여 수행하는 모듈별 활동을 통해 배려하는 과정 속에 적극적으로 문제를 해결했던 것으로 파악되며, 이는 곧 자아 개념과 자아 효능감에 긍정적인 효과를 준 것으로 판단된다. 또한, 과학, 수학을 비롯한 여러 과목을 연결시켜 배우면서 통합적 사고력이 증진되고 이공계 진로선택에도 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다. 하지만, ‘소통’과 ‘유용성·가치인식’의 구인에서는 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았는데, 이를 보완하기 위해서는 모듈별 활동에서 구성원간의 의견 교환 및 상호 작용에 대한 교수·학습법의 적절한 개선과 ‘창의적 설계’ 단계에서 STEAM 프로그램의 결과물을 만들 수 있도록 충분한 시간이 배정된 차시를 구성해야 할 것으로 판단하였다.

셋째, 수업 적용 후에 실시한 STEAM 만족도 검사에서는 3D프린터로 출력한 태양축각모형을 만져보며 태양 표면과 대기, 내부의 특징을 탐색해 보고, 시각장에 학생관점에서 ‘태양’ 내용을 학습하기 위해 어떤 교구가 필요한지 생각해 보는 수업 활동을 통해 장애에 대한 인식과 관심이 크게 증가하고 수업에 대한 만족이 다소 높았던 것으로 해석되었다. 특히 하위구인의 평균값이 3.66~3.97로 나타났는데, 이는 전체적으로 STEAM 프로그램에 대해 중학생들이 긍정적인 반응을 나타낸 것으로 판단되었다. 또한, 만족도의 하위구인 중 ‘수업전반’에 해당하는 7번 문항 ‘STEAM 수업에서 좋았던 점’에 대해서는 ‘수학, 과학, 실과 등 여러 과목을 연결시켜 배울 수 있다.’가 가장 높은 비율을 차지하였는데, 이는 STEAM 프로그램에서 ‘태양’이라는 천문 주제와 3D프린터의 활용, 나만의 태양축각모형을 디자인해보는 과정이 연구 참여자들의 만족도 증가에 가장 큰 영향을 준 것으로 판단된다. 반면, 하위구인

‘수업전반’의 8번 문항 ‘STEAM 수업에서 가장 어려웠던 점’에서는 ‘조사, 실습, 만들기 등 수업 시간에 할 것이 많아 시간이 부족하다.’가 가장 높은 비율을 차지하였는데 STEAM 태도 검사에서와 마찬가지로 태양축각모형 등의 결과물을 만드는데 많은 시간이 필요했던 것으로 판단된다. 따라서 STEAM 프로그램의 차시를 확대 및 보완해야 할 것으로 판단된다.

이 연구의 제언은 다음과 같다. 첫째, 이 연구에서 개발한 3D프린터 활용 시각장에 체험 중심의 STEAM 프로그램은 중학생들을 대상으로 짧은 기간 및 특정 지역의 학생들을 대상으로 적용되었기 때문에 외적 타당도의 일반화 관점에서 제한이 따른다. 따라서 후속 연구에서는 다양한 학년에 맞는 프로그램과 함께 다양한 지역의 학생들을 대상으로 현장에 적용하여 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 둘째, 이 연구에서 개발한 3D프린터 활용 시각장에 체험 중심의 STEAM 프로그램은 3차시로 구성되어 학생들이 주어진 시간 내에 STEAM 프로그램의 결과물을 설계하고 제작하는데 다소 어려움이 있었던 것으로 파악된다. 이에 후속 연구에서는 초등학교 및 고등학교 대상의 위계에 맞는 STEAM 프로그램 개발과 차시 확대를 통한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

국문요약

이 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정 중 ‘태양’에 관한 내용 요소를 중심으로, 3D 프린터를 활용한 체험형 STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics) 프로그램을 개발하고, 이에 대한 효과성을 알아보기 위해 무선 표집된 2개의 중학교 77명의 학생들에게 이를 적용하여 창의적 문제해결력, STEAM 태도 및 수업만족도를 분석하였다.

이 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 3D프린터를 활용하여 태양축각모형을 제작하고 시각장에 체험을 통해 학생들이 체험 위주의 적극적인 학습이 가능하도록 프로그램을 개발하였다. 둘째, STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차에 의한 대응표본 t 검정에서는 ‘소통’, ‘유용성·가치 인식’ 구인을 제외한 ‘흥미’, ‘배려’, ‘자아 개념’, ‘자아 효능감’, ‘이공계 진로선택’ 구인에

서 유의미한 통계적 검정 결과($p < .05$)를 얻었다. 셋째, 3D프린터 활용 시각장애 중심의 체험형 STEAM 프로그램 적용 후에 실시한 만족도 검사에서는 하위구인들의 평균값의 범위가 3.66 ~ 3.97로, 전반적으로 수업에 대한 긍정적인 반응을 나타내었다.

주제어: 3D 모델링, 3D프린터, STEAM, 시각장애

References

- 강부현(2018). STEAM 융합수업이 과학에 대한 태도 및 개념에 미치는 영향. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 교육부 보도자료(2016. 12. 23). 지능정보사회에 대응한 중장기 교육정책의 방향과 전략(試案). 세종: 교육부.
- 김범기, 이항로, 김기정(1996). 천문 개념 성취도와 공간 능력과의 상관관계에 관한 연구. 한국초등과학교육학회지, 15(2), 315-325.
- 김학범, 황의욱, 임영진, 황혜진, 차정호(2019). 시각장애를 주제로 한 중학교 STEAM 프로그램의 개발과 적용. 특수교육재활과학연구, 58(2), 139-161.
- 김희규(2004). 장애이해교육이 초등학교 일반아동의 장애아동에 대한 태도개선에 미치는 효과. 특수교육연구, 11(2), 47-68.
- 명전옥(2001). 예비 교사들이 지구과학 문제 해결 실패요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22(5), 339-349.
- 문영호(2000). 일반아동의 장애체험이 장애아동에 대한 태도에 미치는 영향. 우석대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 미래창조과학부(2016). 제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책. 세종: 미래창조과학부.
- 미래창조과학부, 산업통장자원부(2014). 3D프린팅 전략 기술 로드맵. 세종: 미래창조과학부.
- 박송이(2015). 천문학 주제의 융합인재교육(STEAM)이 과학에 대한 정의적 영역에 미치는 영향. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 박아진(2013). 장애이해교육프로그램이 초등학교 비장애학생의 장애수용태도, 공감, 이타행동에 미치는 효과. 단국대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 박용서(2016). 3D 프린터를 활용한 입체기하 학습이 학생들의 공간시각화 능력과 정의적 태도의 변화에 미치는 영향. Stella와 K3DSurf, 3D 퍼즐 램프를 활용한 수학의 심미성(審美性)경험을 중심으로. 단국대학교 박사학위논문.
- 배성희, 김형범(2016). 중등 교사의 과학 교수 효능감이 천문 수업에 미치는 영향: 근거이론을 중심으로. 한국콘텐츠학회 논문지, 16(3), 607-616.
- 백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종윤, 이주연, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. 학습자중심교과교육연구, 11(4), 149-171.
- 손준호, 김종희, 김영근(2014). 천문 STEAM 프로그램에서 코딩의 활용이 초등과학 영재학생의 자기주도적 학습 태도에 미치는 효과. 한국지구과학회지, 35(7), 572-584.
- 신은수(2018). 3D프린터를 활용한 융합교육프로그램 개발. 융합교육연구, 4(1), 39-51.
- 우종욱, 이항로, 민준규(1995). 계통도를 이용한 중·고등학생의 지구와 달의 운동에 관한 개념 유형 연구. 청람과학교육연구논총, 5(1), 233-247.
- 이영찬(2015). 3D 도면 제작 프로그램 및 3D 프린터를 활용한 발명교육 프로그램이 초등학생의 창의성에 미치는 효과. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 임청환, 정진우(1993). 국민학교 자연과 천문분야 내용분석과 문제점. 한국과학교육학회지, 13(2), 247-256.
- 정지현(2020). 3D 프린터 활용 유아디자인교육 프로그램이 유아의 창의성 및 유용성 증진에 미치는 효과. 융합정보논문지, 10(6), 119-127.
- 정현도, 이효녕(2017). 중학교 자유학기제에 적합한 과학 탐구 중심의 융합인재교육 프로그램 개발 및 적용. 과학교육연구지, 41(3), 334-350.
- 최경철(2016). 3D프린터 활용 교육프로그램의 설계 연구. 한양대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 최형신, 유미리(2015). 3D 프린팅의 교육적 활용 방안 연구: 창의적 디자인 모델 기반 수업. 정보교육학회논문지, 19(2), 167-174.
- 한신, 김형범, 이창환(2020). 창의적 사고기법을 활용한 창의교육 수업프로그램 개발 및 적용. 대한지구과학교육학회지, 13(2), 162-174.
- Csikszentmihalyi, M., & Wolfe, R. (2000). New conceptions and research approaches to creativity: Implications of

- a systems perspective for creativity in education. In K. Heller, F. Monks, R. Sternberg, & R. Subotnik (Eds.), *International handbook for research on giftedness and talent* (pp. 81-93). Oxford: Pergamon.
- Jeong, S., & Kim, H. (2015). The effect of a climate change monitoring program on students' knowledge and perceptions of STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(6), 1321-1338.
- Miller, A., & Dumford, A. (2014). Creative cognitive processes in higher education. *J. Creat. Behav.*, 50(4), 282-293.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Scott, W. (1995). Reliability of content analysis: The case of nominal scale coding. *Public Opinion Quarterly*, 19, 315-325.
- Yakman, G. (2007). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. *Intellectual Property*.