

일반계고의 창의공학설계 수업을 위한 아두이노 기반 STEAM 수업자료 개발과 적용

이대석*·임영대**·김진수***†

*충남삼성고등학교 교사

**한국교원대학교 기술교육과 박사수로

***한국교원대학교 기술교육과 교수

Development of STEAM Instructional Materials using Arduino for Creative Engineering Design Class in High Schools and Its Application

Lee, Dae-Seok*·Lim, Yeong-Dae**·Kim, Jinsoo***†

*Teacher, Chungnam Samsung High School

**Ph.D Candidate, Department of Technology Education, Korea National University of Education

***Professor, Department of Technology Education, Korea National University of Education

ABSTRACT

The purpose of the study was to develop the Arduino based STEAM instruction materials for creative engineering design class. PDIE model was used in this study. We developed a STEAM lesson plan and a STEAM lesson worksheet for a total of six sessions through the steps of preparation, development, implementation and evaluation. The validity of the instruction materials was evaluated by the 10 experts using a survey. The instruction materials were applied to the class (52 students attended) of the creative engineering designs unit in technology and home economics subject. The class satisfaction and the creative solving-problem ability were examined after the class. The class satisfaction was high as the average of 10 item was 4.57 (out of 5). The paired t-test was conducted to compare the means of the creative solving-problem ability. It was observed that 'understanding and mastery of knowledge, thought, function and skills in a specific domain', 'divergent thinking', 'critical and logical thinking' and 'motivational factors' were significantly increased after the class. The instruction materials developed in this study were successfully designed to enhance the creative solving-problem ability by designing creative tasks and to intrigue the interest by adding visual and auditory stimuli with the Arduino.

Keywords: STEAM, Creative engineering design, Creative solving-problem ability, Arduino, Media art

1. 서 론

4차 산업혁명은 창의적 지식을 바탕으로 제조업과 IT 기술을 융합하여 새로운 가치를 창출하고 있다. 이로 인해 국가 간의 경쟁은 더욱 가속화되고 있으며(정민, 류승희, 2019), 각 나라들은 지속가능한 경제로 탈바꿈하는 과정 속에서 지식과 정보를 융합하여 문제를 창의적으로 해결하는 역량을 갖춘 인재를 필요로 하고 있다(김창희, 전상길, 2018; 최연구, 2017). 우리나라는 혁신을 강조하면서 고부가가치 산업으로 변화를 추구하고 있으며, 그 과정 속에서 미래 인재들에게는 창의력, 문제해결력, 비판적

사고능력, 의사소통능력, 협업 등의 역량이 요구되고 있다(Griffin, McGaw & Care, 2012; Trilling & Fadel, 2012).

이러한 요구에 따라 각 나라들은 창의융합인재를 육성하기 위하여 창의성 교육, 예술 교육, 공학설계 교육 등을 강화하고 있다. 미국은 2000년 이후 창의와 혁신을 강조하여 21세기 역량 중심 교육을 실천하고 있으며, 유럽은 2009년을 창의성 혁신의 해로 지정한 후 예술을 융합한 창의성교육을 강조하고 있다(정연희, 2011; 최상덕 외, 2011). UNESCO(2006)는 개인별 학습능력의 차이를 존중하고 양질의 교육과 창의성 교육을 실천하기 위하여 예술교육 강화를 주장하였다. 우리나라도 미국의 STEM 교육에 Art(예술)를 추가하여 2011년부터 과학(S), 기술(T), 공학(E), 예술(A), 수학(M) 교과를 학습하고 이를 활용하여 생활 속의 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 융합적 소양을 갖춘 인재를 육성하기 위하여 STEAM 교육을 실시하고 있다(교육과학

Received October 11, 2019; Revised November 12, 2019

Accepted November 27, 2019

† Corresponding Author: jskim@knue.ac.kr

©2020 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

기술부, 2011; 김진수, 2012; 백운수 외, 2011).

공학은 신기술이나 신제품을 개발하기 위한 학문을 의미하는 공학학문과 공학학문을 바탕으로 제품을 연구, 개발, 평가하는 일련의 과정을 의미하는 공학설계로 구분할 수 있다(이경우 외, 2006). 인간은 생활에 필요한 도구를 만들고 끊임없이 개선해 왔고, 공학설계도 같이 발달하여 왔다. 공학설계는 주어진 제약 조건을 고려하면서 목적과 수요에 부합하는 제품을 생산하기 위해 창의적 문제해결안을 도출하기 위한 과정 또는 활동이다(김영민 외, 2013; 김태훈, 2015). 김대수(2016)에 의하면 공학설계는 과학, 수학, 공학 등을 활용하여 목표에 부합하는 개발을 하는 것으로 인류의 발달과 밀접한 관련을 가지고 있어서 지속적인 교육이 필요하다고 하였다.

김영민 외(2013)은 기술적 지식과 창의적 설계가 핵심내용인 공학설계 교육이 고등학교에서 실시되어야 한다고 하였다. 선진국들은 창의성 신장과 국가 경쟁력 강화에 큰 역할을 담당하는 공학교육에 관심을 가지고 창의공학설계 교육을 실시하고 있지만, 우리나라는 연구가 부족한 실정이다(이창훈, 2008).

SW 교육을 강화한 2015 개정교육과정의 도입으로 프로그래밍 교육에 대한 학생과 학부모의 흥미와 관심도가 높아지면서 아두이노를 활용한 교육이 증가하고 있다. 아두이노는 저렴한 가격, 오픈소스, 쉬운 조작, 빠른 학습 등의 장점으로 인해 전문가가 아니더라도 시제품 제작과 프로그래밍을 손쉽게 경험할 수 있어 2005년 소개된 후 전 세계적으로 많이 활용되고 있다(심세용·김진옥·김진수, 2016). 센서를 결합하고 프로그래밍하는 활동을 통해 나온 산출물들은 학생들의 창의적 설계와 문제해결 능력이 요구되며, 그 효과를 살펴본 연구들(최숙영·김세민·2016; 윤정구 외, 2018)이 있다. 또한 공학설계를 이용한 STEAM 교육을 실천한 연구(김진연 외, 2014; 이영은·이효녕, 2014)도 수행되었다.

위에서 언급한 것처럼 STEAM 교육과 공학설계가 추구하는 방향은 유사성이 많다. 예를 들면 STEAM 교육의 생활 속 문제는 공학설계에서 우리 주위 제품이나 구조물에 해당하며, STEAM 교육의 창의적 문제해결은 공학설계에서 목적이나 수요에 맞는 창의적 해결방안에 해당하며, STEAM 교육의 융합인재 육성은 공학설계의 고부가가치 산업이 필요로 하는 인재 육성과 유사한 맥락을 가지고 있다.

전재현, 김방희, 김진수(2018)는 국내 STEAM 연구 성과 분석을 통해 후속연구의 방향성을 제시하기 위하여 2007~2016년 국내 STEAM 교육 관련 연구를 네트워크 텍스트 분석 방법으로 분석하였고, STEAM 교육의 연구방향이 교과별로 차이를 보이고, 4개 교과(과학, 수학, 미술, 기술)에서 대부분의 연구가 이루어졌다는 결과를 제시하였다. 예술은 학문 간 융합의 중

추적인 역할을 하며, 학생들의 창의력 신장에 큰 효과를 가져다 준다(태진미, 2011).

이에 이 연구의 목적은 일반계 고등학교 기술·가정 교과와 창의공학설계 단원에서 활용이 가능한 예술을 수업 주제로 한 아두이노 기반 STEAM 수업자료를 개발하고 수업에 적용하여 학생들의 창의적 문제해결력의 향상 효과를 알아보고자 한다.

이와 같은 목적에 따른 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

첫째, 국내 문헌 고찰을 통해 일반계 고등학교의 창의공학설계 단원을 위한 아두이노 기반 STEAM 수업자료를 개발한다.

둘째, 개발된 STEAM 수업자료 활용 수업이 학습자의 창의적 문제해결력에 미치는 효과를 검증한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 충청남도 소재 일반계 A고등학교 기술·가정 교과 창의공학설계 단원을 수강하는 1학년 학생 52명이다.

2. 연구절차 및 내용

이 연구에서는 STEAM 수업자료 개발을 위해 김진수(2012)가 제안한 체계적 STEAM 프로그램 개발 모형인 PDIE 모형의 절차를 따랐으며 구체적인 연구절차는 Fig. 1과 같다.

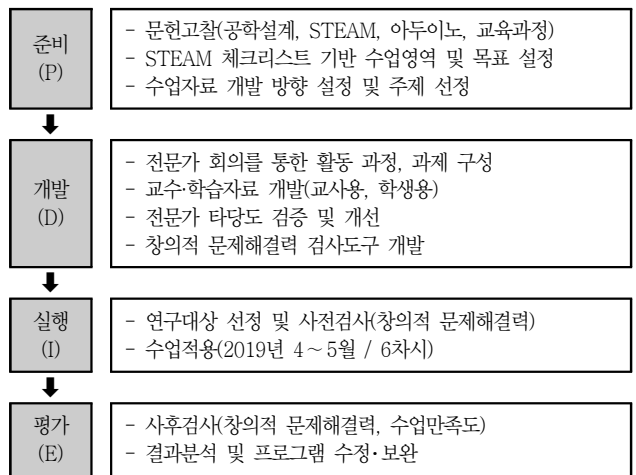


Fig. 1 Procedure for development of STEAM instructional materials using Arduino

준비단계에서는 프로그램 개발 방향을 설정하기 위하여 2015 개정 교육과정, 창의공학설계 단원, 창의적 문제해결력, STEAM, 아두이노 관련 선행연구 고찰하였다. 도출된 개발 방

향에 대해서 과학, 미술, 정보 교과에서 석사학위를 소지하고, 5년 이상의 경력을 가진 교과 전문가 10명을 구성하여 전문가 자문회의를 통해 개발 주제를 선정하였다.

2015 개정 교육과정 기술·가정 교과서 창의공학설계 단원의 내용을 재구성하여 가르칠 수 있도록 교육목표와 성취기준 등을 고려하여 6차시로 교수·학습자료를 개발하였다. 개발된 프로그램의 전문가 타당도 검증을 위해 교육경력 5년 이상 교사, 교육학 박사, STEAM 교육 전문가, 석사과정 이상의 자격 소지 등의 자격을 갖춘 STEAM 교육 전문가를 10명 선정하였고, 설문을 통해 내용타당도 비율(CVR)을 산출하였다.

개발된 STEAM 수업자료를 가지고 충청남도 아산시 A고등학교 기술·가정 교과 창의공학설계 단원을 수강하는 52명을 대상으로 수업에 적용하였다. 전체적인 운영 방식은 모둠별 프로젝트 학습으로 구성하였다. 최종적으로 학생들의 수업 만족도, 창의적 문제해결력 검사를 통해 개발된 수업자료에 대한 평가를 실시하였다.

3. 검사도구

가. 창의적 문제해결력 검사 도구

이 연구에서 사용한 사전-사후 검사도구는 조석희 외(2001)의 ‘간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구’를 기반으로 서울대 심리연구실(2004)이 개발한 창의적 문제해결력 검사도구를 본 연구의 환경에 맞게 수정하여 사전-사후 검사를 실시하였다. 문항의 하위 영역별 구성은 Table 1과 같다. 하위 영역별 신뢰도 계수(Cronbach’s α)는 특정 영역의 지식·사고, 기능·기술의 이해 및 숙달여부에 대하여 .71, 확산적 사고에 대하여 .78, 비판적·논리적 사고에 대하여 .71, 동기적 요소에 대하여 .77로 산출되어 내적일관성이 확보되었다고 판단된다.

Table 1 Structure of creative problem solving ability test

하위영역	문항수
특정 영역의 지식·사고, 기능·기술의 이해 및 숙달 여부	5
확산적 사고	5
비판적·논리적 사고	5
동기적 요소	5
전체	20

나. 학생 만족도 검사도구

학생 만족도 검사지는 강남화 외(2017)가 개발한 학생 만족도 검사지를 수정·보완하여 구성하였고, STEAM 수업자료를 수업에 적용 후 수업에 참여한 학생들을 대상으로 수업 적함도, 내용 난이도, 자료의 적절성, 수업 시간의 배분, 공학설계 이해

도, 아두이노 기초 이해도, 공학설계 특징 이해도, 전기전자회로 문제 해결력, 수업의 재미, 평가의 공정성에 대해서 총 10문항을 구성하여 수업 만족도 검사를 실시하였다.

다. 전문가 타당도 검사도구

전문가 타당도 검사지는 심세용, 김진욱, 김진수(2016)가 개발한 전문가 타당도 검사지를 수정·보완하여 사용하였고, 검사지 내용은 프로그램의 합목적성(2문항), 내용 구성의 적절성(6문항), 현장 적용의 용이성 (2문항) 총 10문항으로 구성하였다. 문항은 리커트(Likert) 5단계 척도를 사용하여 문항을 구성하였고, Lawshe (1975)의 10명에 대한 내용타당도(CVR) 최소 비율은 0.62로 개발된 수업자료의 내용타당도 비율 CVR=0.68로 나타나 타당도를 확인하였다.

4. 자료수집 및 분석

수업자료의 타당성 확보를 위한 전문가 설문과 개발한 수업자료에 대한 학생 만족도 설문은 기술통계를 활용하였고, 창의적 문제해결력은 준실험 설계로 단일집단 사전-사후 검사를 실시한 설문 결과를 유의수준 .05의 t검정으로 그 효과를 확인하였다.

III. 연구결과

1. 수업자료 개발 결과

가. 차시별 주요 학습내용과 창의공학설계 요소

2015 개정교육과정의 과학탐구실험, 기술·가정, 미술 교과의 성취기준, 내용요소를 바탕으로 창의공학설계 요소를 Table 2와 같이 구성하였다.

NAE(National Academy of Engineering)가 제안한 공학설계 요소는 분석, 제한조건, 모델링, 최적화, 상충관계, 시스템이다. 1차시에서는 창의적 공학 설계에 대한 이해와 대표적인 한국화와 서양화를 감상하며 관찰의 중요성을 일깨우는 시간으로 구성하였다. 2차시에서는 학습자가 제한된 조건 안에서 예술 작품 속 과학, 기술, 공학, 예술, 수학을 탐색하고, 분석하는 활동과 다양한 아이디어 활동을 통해 작품의 주제를 선정하도록 하였다. 3차시와 4차시에서는 공학 설계과정(모델링)을 배우는 단계로 LED와 서보모터 제어의 원리를 학습하고 체험하도록 구성하였다. 5차시와 6차시에서는 상충하는 속성을 없애 다른 속성을 돋보이게 하는 상충관계와 상호 작용하며 동작하는 것을 의미하는 시스템을 기반으로 LED, 센서, 서보모터를 활용하여 미디어 아트를 구현하고, 학습자 간 상호 평가를 통해 작품에 대한 피드백을 공유하도록 구성하였다.

Table 2 Detailed STEAM lesson contents for creative engineering design

차시	세부 학습 내용	창의공학설계요소
1	- 창의적 공학설계의 이해 - 대표적인 한국화와 서양화 감상하고 작품에 대한 배경지식 이해하기 - 미디어 아트 이해하기	분석
2	- 주제 관련 아두이노 활용 작품 탐색하기 - 예술작품 속 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 탐색하기 - 전자 회로와 부품 이해하기 - 아두이노 IDE 이해하기	분석, 제한조건
3	- LED 제어 체험하기 - RGB LED를 활용하여 미디어 아트로 표현하기	모델링
4	- 서보모터 제어 체험하기 - 센서와 전원장치 체험하기	모델링
5~6	- LED, 센서, 서보모터를 활용하여 미디어아트 구현하기 - 작동 관련 스케치 구성하기 - 작품 제작하기 - 발표 및 피드백하기	상층관계, 시스템

나. 교수·학습과정안

창의공학설계를 위한 아두이노 기반 STEAM 수업자료의 교수·학습과정안의 예시는 Fig 2과 같다.

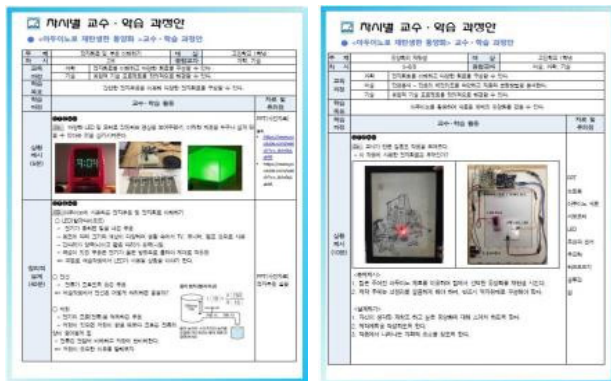


Fig. 2 Example of STEAM lesson plan

2015 개정 교육과정에서 과학탐구실험, 기술·가정, 미술 교과와 성취기준과 내용 요소를 바탕으로 총 6차 분량의 교수·학습 과정안을 개발하였다. 평가는 3가지 대역역(융합적 지식 및 개념, 창의적 설계, 감성적 체험)과 12가지 하위 평가요소로 구성하였다. 융합적 지식 및 개념의 하위 평가요소는 이해도와 적절성, 창의적 설계의 하위 평가요소는 디자인, 일치성, 창의성, 문제해결력, 자기 주도성, 감성적 체험의 하위 평가요소는 협동성, 적극성, 발표로 세분화하였고 이를 활용하여 과정 중심 평가와 동료 평가가 이루어지도록 하였다.

다. 학습 활동지

창의공학설계를 위한 아두이노 기반 STEAM 수업자료의 학생용 학습 활동지의 예시는 Fig 3와 같다.



Fig. 3 Example of STEAM lesson worksheet

프로젝트 모듈별 학습이 이루어지도록 학습 활동지를 구성하였고, 학생들이 아두이노를 활용하여 SW 교육을 학습하도록 하였으며, 각종 센서와 전자 부품을 활용하여 2D 미술 작품을 3D 미술 작품으로 재탄생하도록 하여 미디어 아트를 체험하도록 하였다.

2. 전문가 타당도 검사 결과

전문가 타당도 검사(CVR=0.68) 결과 전체 평균은 4.50이고, 세부 평균은 Table 3과 같이 비교적 높게 나왔다. 전문가 타당도 검사에서 나온 ‘수업 준비에 들어가는 시간과 노력을 최소화할 수 있도록 교수·학습 과정안과 학습 활동지가 구성되었으면 좋겠다’는 의견을 수렴하여 수업 적용의 용이성을 높이기 위해 교수·학습과정안의 보조자료인 PPT를 더 구체적이고 이용이 편리하도록 작성하였으며, 읽기 자료나 생각 열기 동영상 자료를 QR코드와 동영상 링크를 통해 학생 및 교사들이 더 쉽게 이용할 수 있도록 수정·보완하였다.

Table 3 The results by the expert review

영역	프로그램의 합목적성	내용 구성의 적절성	적용의 용이성	전체 평균
평균 (n=10)	4.65	4.5	4.35	4.50

3. 수업자료 적용 결과

가. 창의적 문제해결력 검사

창의적 문제해결력의 사전-사후 t검증의 분석 결과는 Table 4와

같다. 사전검사의 평균은 54.15, 표준편차는 6.85이었고, 사후 검사에서는 평균이 68.54, 표준편차 7.66으로 나왔다. 전체적으로 평균이 향상되었고, $t = -11.795$, $p = .000$ ($p < .001$)으로 개발된 수업자료가 창의적 문제해결력에 유의미한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

Table 4 The results of creative problem solving ability test

	n	M	SD	t	p
사전	52	54.15	6.85	-11.795	.000
사후	52	68.54	7.66		

창의적 문제해결능력의 하위요소 사전-사후 검사 결과는 Table 5와 같다. ‘특정 영역의 지식·사고, 기능·기술의 이해 및 숙달 여부’ 영역에서는 사후 검사 평균이 사전 검사 평균보다 3.84점 높게 나왔고, $t = -8.349$, $p = .000$ 으로 나타나 유의미한 차이가 있었다($p < .001$). ‘확산적 사고’ 영역은 사후 검사 평균이 사전 검사 평균보다 2.30점 높게 나왔고, $t = -7.218$, $p = .000$ 으로 유의미한 차이가 있었다($p < .001$). ‘비판적·논리적 사고’ 영역은 사후 검사 평균이 사전 검사보다 3.21점 높게 나왔고, $t = -7.951$, $p = .000$ 으로 유의미한 차이가 있었다($p < .001$). ‘동기적 요소’ 영역은 사후 검사 평균이 사전 검사 평균보다 5.02점 높게 나왔고, $t = -11.052$, $p = .000$ 으로 유의미한 차이가 있었다($p < .001$). 창의적 문제해결력 하위 요소에 대한 분석 결과를 요약하면 창의공학설계를 위한 아두이노 기반 STEAM 수업자료가 학생들의 창의적 문제해결력 향상에 전체적으로 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

Table 5 The results of creative problem solving ability pre-post test

영역	구분	n	M	SD	t	p
특정 영역의 지식·사고, 기능·기술의 이해 및 숙달 여부	사전	52	13.58	3.62	-8.349	.000
	사후	52	17.42	2.34		
확산적 사고	사전	52	15.08	2.06	-7.218	.000
	사후	52	17.38	1.81		
비판적·논리적 사고	사전	52	14.10	2.82	-7.951	.000
	사후	52	17.31	1.92		
동기적 요소	사전	52	11.40	2.52	-11.052	.000
	사후	52	16.42	2.82		

나. 학생 만족도 검사

학생의 수업 만족도 검사 결과는 Table 6과 같다. 내용 난이도가 평균=4.67, 표준편차= 0.51로 평가 문항 중 평균이 가장 높게 나왔고, 수업 시간의 배분은 4.35로 평가 문항 중 평균이

가장 낮게 나왔다. 5점 만점의 리커르트에 따른 전체 평균이 4.57로 나와 만족도가 대체적으로 높은 것을 알 수 있었다.

Table 6 The students' satisfaction on the STEAM lesson

평가 문항	n	M	SD
수업 적합도	52	4.65	0.52
내용 난이도	52	4.67	0.51
자료의 적절성	52	4.58	0.61
수업시간의 배분	52	4.35	0.84
공학설계 이해도	52	4.62	0.69
아두이노 기초 이해도	52	4.56	0.75
공학설계 특징 이해도	52	4.65	0.59
전기전자회로 문제 해결력	52	4.50	0.78
수업의 재미	52	4.52	0.75
평가의 공정성	52	4.62	0.66

만족도 조사의 서술형 의견으로는 프로젝트 수업을 통해 융합 교육의 중요성과 필요성, 한국화와 우리 문화에 대해 관심을 가지는 계기가 되어 전반적으로 만족스럽다는 의견이 주를 이루었다. 또한 ‘주제를 서양화로 확장하면 외국인도 같이 공감할 수 있는 다양하고 재미있는 작품이 만들어질 것으로 예상된다’는 의견이 있어 1차시~2차시에 미술작품을 학습자들이 선정할 때 동양화로 제한을 두지 않고, 서양화로 포함하여 다양한 주제의 작품을 선정할 수 있도록 학습 활동지와 교수·학습 과정안을 수정·보완하였다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 창의공학설계를 위한 아두이노 기반 STEAM 수업 자료가 창의적 문제해결력에 미치는 효과를 알아보는데 있으며, 연구 결론은 다음과 같다.

첫째, 국내 창의공학설계, 아두이노, STEAM 관련 문헌고찰을 통해 교사용 교수·학습과정안과 학생용 학습 활동지를 개발하였다. 3가지 핵심요소(아두이노, 미디어 아트, 한국사)를 바탕으로 개발된 수업자료는 창의공학설계 단원에서 아두이노 기반 STEAM 교육을 실천할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 학생 대상 만족도 조사를 실시한 결과, 수업의 적합도, 내용 난이도, 자료의 적절성, 수업시간의 배분, 공학 설계 이해도, 공학설계특징 이해도, 전기전자 회로 문제 해결력, 수업의 재미, 평가의 공정성 등 모든 평가요소에서 높은 수준의 만족도를 보였다.

셋째, 개발된 STEAM 수업자료가 창의적 문제해결력 향상에 유의미한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이는 지진의 내진설

계를 주제로 STEAM 프로그램이 창의적 문제해결력 신장에 미치는 효과를 살펴본 김맹범, 홍승호(2019)의 연구 결과와도 일치한다. 또한 과학교육에서 프로젝트 STEAM 교육 프로그램이 초등학생의 창의적 문제해결력 향상에 미치는 효과를 살펴본 김문경, 최선영(2013)의 연구결과와 이상균, 이하룡(2013)의 연구 결과와도 일치한다. 학생들의 창의적 문제해결력을 향상시킨 요인으로, 첫째는 STEAM 교육의 학습준거인 창의적 설계이고, 둘째는 스스로 주제를 정하고 미술작품 관찰을 통해 작품의 우수성과 과거시대의 생활을 탐구하고 분석하는 학습자 중심 활동이 있음을 알 수 있었다.

창의적 문제해결력과 창의성과의 관계에 대한 신문승, 문정표(2018)의 연구 결과에 비추어 본다면, 활발한 아이디어 활동은 창의적 설계를 촉진하고, 창의적 설계 활동으로 길러진 학습자의 창의적 문제해결력이 학습자의 흥미, 자신감, 과학적 탐구능력의 향상으로 이어진다. 학생들은 시각과 청각을 자극하는 요소를 미술작품에 추가함으로써 기발하고 유머러스하며 다양한 해석이 가능한 작품들이 많이 산출되는 계기를 만든 것으로 사료된다.

이 연구는 충청남도 소재 일반계 A고등학교 기술·가정 교과 창의공학설계 단원을 수강하는 1학년 학생 52명을 대상으로 사전-사후 t검증을 한 연구이기에 통계집단을 통한 비교연구가 부족하여 일반적인 결과라고 단정하기에는 어려움이 있다.

위와 같은 연구를 통해 얻은 결론을 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 본 연구는 충청남도 아산시 소재 A고등학교 1학년 전체인 52명을 학생을 대상으로 하였으며, 소규모 학교로 실험집단과 통제집단의 구분 시 추리통계의 제한이 있을 것으로 판단되어 단일집단 사전-사후 실험설계를 적용하였다. 추후 연구 결과의 일반화를 위해 지역과 대상을 확대하여 적용하는 후속 연구가 필요하다.

둘째, 연구 결과를 일반화하려면 다양한 창의공학설계를 위한 STEAM 프로그램의 개발 및 적용 후속연구가 필요하다.

셋째, 본 연구의 실험설계는 단일집단 사전-사후 검사를 통해 창의적 문제해결력 향상 효과를 살펴보았으나, 실험처치에 의한 효과를 더욱 명확히 하기 위해 이질통계집단 사전-사후 검사로 실험을 확대할 필요가 있다.

참고문헌

- 강남화 외(2017). 2016년 융합인재교육(STEAM) 사업 효과분석 연구. 한국교원대학교 산학협력단
- 교육과학기술부(2011). 2011년 업무보고 : 창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국.
- 김맹범·홍승호(2019). 내진설계를 주제로 한 STEAM 프로그램이 초등학생들의 창의적 문제해결력 및 STEAM 태도에 미치는 효과. *에너지기후변화교육*, 9(2), 125-135.
- 김문경·최선영(2013). 초등과학에서 융합인재교육 프로젝트 학습이 학생의 창의적 문제해결력 및 학업성취도에 미치는 효과. *과학교육연구지*, 37(3), 562-572.
- 김대수(2016). *창의공학설계*. 생능출판.
- 김영민 외(2013). 초·중등교육에서의 공학교육 프로그램 개발. *한국기술교육학회지*, 13(2), 21-41.
- 김진연 외(2014). 중학교 기술교과에서 공학설계 중심 STEAM 수업자료 개발. *한국기술교육학회지*, 14(2), 154-173.
- 김진수(2012). *STEAM 교육론*. 양서원.
- 김창희·전상길(2018). 창의적 문제해결력을 갖춘 인재육성방법, Problem-Based Learning. *인적자원개발연구*, 21(4), 299-325.
- 김태훈(2015). 전문가 인식 조사에 의한 공학 설계 능력의 정의 및 하위 영역과 요소 도출. *공학교육연구*, 18(3), 24-32.
- 백윤수 외(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. *학습자중심교과교육연구*, 11(4), 149-171.
- 서울대 심리연구팀(2004). *창의적 문제해결력 검사도구*.
- 신문승·문정표(2018). 창의적 문제해결력(CPS) 프로그램이 초등 영재의 창의성 신장과 과학탐구능력에 미치는 효과. *학습자중심교과교육연구*, 18(12), 479-496.
- 심세용·김진옥·김진수(2016). 중학생의 기술적 문제해결능력 향상을 위한 아두이노 활용 STEAM 교육 프로그램 개발. *한국기술교육학회지*, 16(1), 77-100.
- 윤정구 외(2018). 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 고등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. *The SNU Journal of Education Research*, 27(3), 53-73.
- 이경우 외(2006). *공학문제해결 입문*. 시그마프레스.
- 이상균·이하룡(2013). 프로젝트 기반 STEAM 프로그램 개발 및 적용 효과. *대한지구과학교육학회지*, 6(1), 78-86.
- 이창훈(2008). ADDIE 모형에 터한 창의 공학 설계 교육 프로그램 모형 개발과 적용 방안. *한국기술교육학회지*, 8(1), 131-146.
- 이영은·이효녕(2014). 공학적 설계와 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램이 중학생의 과학, 수학, 기술에 대한 흥미, 자기 효능감 및 진로 선택에 미치는 효과. *교과교육학연구*, 18(3), 513-540.
- 조석희 외(2001). *간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구 (1)*. 한국교육개발원.
- 전재현·김방희·김진수(2018). 네트워크 텍스트 분석법에 의한 국내 STEAM 교육 연구물의 분석. *학습자중심교과교육연구*, 18(23), 65-84.
- 정민·류승희(2019). 2019년 다보스 포럼의 주요 내용과 시사점 - 세계화 4.0 : 4차 산업혁명 시대의 글로벌 구조 형성. *현대경제연구원*, 19-2(825).
- 정연희(2011). 예술교육을 통한 지속가능성 사고의 확장. *미술과 교육*, 12(1), 51-70.

24. 최연구(2017). 4차 산업혁명시대의 미래교육 예측과 전망. *Future Horizon*, (33), 32-35.
25. 최상덕 외(2011). 21세기 창의적 인재 양성을 위한 교육의 미래 전략 연구. 한국교육개발원
26. 최숙영·김세민(2016). 앱 인벤터와 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅 교육이 공업계 고등학생의 창의·융합적 사고에 미치는 영향. *컴퓨터교육학회 논문지*, 19(6), 45-54.
27. 태진미(2011). 창의적 융합인재양성, 왜 예술교육에 주목하는가?. *영재교육연구*, 21(4), 1011-1032.
28. Griffin, P., McGaw, B., & Care, E.(2012). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. New York, Springer.
29. Lawshe, C. H.(1975). A quantitative approach to content validity 1. *Personnel psychology*, 28(4), 563-575.
30. Trilling, B., & Fadel, C.(2012). 21세기 핵심역량: 이 시대가 요구하는 스킬. 한국교육개발원(역), 학지사.
31. UNESCO(2006). *Arts Education and Creativity - World Conference on Arts and Education: "Building Creative Cooperation for the 21st century"*. 30-33.



이대석 (Lee, Dae-Seok)

2004년: 충남대학교 컴퓨터공학교육과 졸업
 2019년: 한국교원대 대학원 기술교육 석사
 2014년~현재: 충남삼성고등학교 교사
 관심분야: 컴퓨터공학, 공학교육
 E-mail: edaemanse@naver.com



임영대 (Lim, Yeong-Dae)

2003년: 충남대학교 금속공학교육과 졸업
 2010년: 한국교원대 대학원 기술교육과 석사
 2013년~2016.2: 동 대학원 박사 수료
 관심분야: 금속공학교육, 발명교육, STEAM교육
 E-mail: van333@nate.com



김진수 (Kim, Jinsoo)

1992년: 인하대학교 전기공학과 공학박사
 1997년: Pennsylvania주립대 Post-doctor
 2002년: 충북대 교육대학원 교육학과 이수
 2006년: Virginia Tech 연구교수
 2011년~2013년: 한국기술교육학회 회장
 2015년: 한국직업능력개발원 초빙연구위원
 1992.9~현재: 한국교원대 기술교육과 교수
 2010.7~현재: 한국교원대 STEAM융합교육센터 소장
 관심분야: 기술교육, 공학교육, STEAM 융합교육, 직업교육
 E-mail: jskim@knue.ac.kr