

소설 기반 STEAM 프로그램 적용과 학생 역량 연구: 창의적 사고, 비판적 사고, 의사소통, 협업, 디지털 역량

박현주
조선대학교 화학교육과 교수

A Study on Students' Creativity Thinking, Critical Thinking, Communication, Collaboration, and Digital Competence by Implementing Science Fiction STEAM Program

Park, HyunJu
Professor, Department of Chemistry Education, Chosun University

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate high school students' competencies of creativity thinking, critical thinking, communication, collaboration, and digital competence by implementing science fiction STEAM program. Based on the story of 'Fritz Haber' and the 'Garden of Dawn', a STEAM program was developed according to the ADDIE model. In the analysis stage, the purpose of the teaching-learning program using novels was set, and learners and learning environments were analyzed. At the design stage, the novels 'Fritz Harbor' and 'Garden of Dawn' were selected, learning goals were set according to the achievement standards of the curriculum, and learning contents and learning activities were sequenced and designed. In the development stage, teaching and learning materials were developed in a module format, implemented to classes, and evaluated. Pre-test and post-tests were conducted to identify the five major competencies such as creativity thinking, critical thinking, communication, collaboration, digital competence. The collected data was verified by paired t-test using SPSS. The results of the study showed statistically significant results in creative thinking, critical thinking, and digital competency.

Keywords: Science fiction, STEAM, Creativity thinking, Critical thinking, Communication, Collaboration, Digital competence

1. 서 론

불확실하고 복잡하고 모호하고 변화가 급격한 'VUCA(Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity)' 시대는 우리에게 전통적인 교육의 내용과 범위를 뛰어넘는 '새로운' 변화를 요구하고 있다(송진웅 외, 2019; 이수영, 2019; 이현주 외 2020; 조한국, 2021). 모든 교육은 미래를 위한 교육이며, 이는 미래 예측과 더불어 과거 경험을 기반으로 설계되어 이루어진다. 그러나 VUCA 시대에서 우리는 과거 경험에 기초하여 미래를 예상하는 것에는 한계가 있음을 인지하게 되었다.

미국 NRC(National Research Council, 2012)는 미래세대를 위한 차세대 과학교육 표준(Next Generation Science

Standards, NGSS)을 발표하고, 과학과 공학의 연계교육의 중요성을 강조하였다. NGSS는 과학교육의 틀을 교과 핵심 아이디어(disciplinary core ideas), 과학과 공학적 실천(science and engineering practices), 관통개념(cross-cutting concepts)의 세 가지 차원으로 구성하였다. 특히, '공학적 실천'에 자연현상을 대상으로 연구하는 '과학의 탐구(inquiry)'를 인간과 사회에서 필요한 해결책의 하나로 포함시켜 혁신을 도모하였다. 이는 모든 초·중등학생들은 과학과 공학에 대한 지식을 활용하여 실제적인 문제를 해결하고 관련된 이슈에 대한 토론과 의사결정에 참여할 수 있고, 과학, 공학, 기술 분야 및 진로에서 요구하는 기술(skills)을 함양하는 교육의 기회를 가져야 한다는 것이다. 공학적 실천은 다음과 같은 8가지 과정으로 제시되었다. '문제를 정의하기', '모형을 개발하기', '조사를 계획하고 수행하기', '자료를 분석하고 해석하기', '수학 및 컴퓨팅적 사고를 이용하기', '설명을 구성하고 문제해결을 고안하기', '증거에 입각하여 논의하기', '정보를 얻고 평가하고 소통하기'이다.

Received January 11, 2023; Revised January 23, 2023

Accepted January 27, 2023

† Corresponding Author: hjapark@chosun.ac.kr

©2023 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, & Mathematics) 또는 STEM은 거의 전세계 모든 국가에서 경쟁력 있는 인재 양성을 위해 실시하고 있는 대표적인 융합교육으로 과학, 수학, 공학, 인문사회와 예술, 기술 등의 다양한 분야를 연결하여 공학적 실천과 사고를 경험할 수 있는 교육이다(김진수, 2012; 박현주 외, 2012; 이효녕, 2011; Asunda, 2012; Breiner et al., 2012; Bybee, 2010; Sanders, 2009; Sanders & Wells, 2007; Williams, 2011; Zollman, 2012). STEAM 교육은 개인의 경쟁력 향상과 고용 가능성을 높일 수 있는 경험과 기술을 제공한다. 공학은 STEAM 교육의 핵심으로 학생들에게 실제 세상에서 경험할 수 있는 개방적인 문제해결 역량을 강화시키고 새로운 문제 상황에서 다양한 지식과 기술의 적용 기회를 제공한다(박현주·백운수, 2015). 학생들은 STEAM의 공학교육을 통해 협력적 창의적 설계와 실제적 문제해결과정을 체험할 수 있으며(김영민 외, 2013), STEAM 교육을 통해 창의적 문제해결 역량뿐만 아니라 의사소통 및 협업 역량을 향상할 수 있다(Brophy et al., 2008; Roehrig et al., 2012).

과학소설은 ‘Use Science Fiction to Teach STEM, Inspire Innovation(Cunningham, 2014)’에서 제시한 바와 같이 STEM 교육의 혁신적이며 공학의 기본 개념을 학습하는 데 유용하다. 과학소설을 활용한 수업은 학생들에게 ‘공학’과 ‘물리’의 법칙을 ‘흥미롭게’ 배우고 사물이 동작하는 방식과 복잡성에 대해 설계하는 능력을 계발하게 한다(Segall, 2002). 또한 인간의 본성과 제한된 지구의 자연 자원 등에 대한 공학의 윤리적 고려와 더불어 기술과 사회의 상호작용과 역할 등에 대해 논의하게 한다(Campbell, 1999; Dick & Stimpson, 1999; Wilson, 1973).

유럽연합 프로젝트 ‘Science Fiction in Education (SciFiEd)’에서는 교사들이 과학소설을 활용하여 수업을 진행할 수 있도록 다양한 프로그램과 교수 전략을 개발하여 제시하였다. 교육에서 과학소설 활용은 학생들이 경험할 수 있는 실제적 상황에서 문제해결을 제공하고 지적 호기심과 창조적인 상상력을 자극하여 과학적 탐구와 공학적 실천을 하게 하는 유용한 도구이다(Hadzigeorgiou, 2005; Hadzigeorgiou & Forions, 2007; Stutler, 2011). 과학소설은 학생들에게 과학의 사회적 또는 문화적 맥락에 기반하여 과학과 일반인의 생각을 연결하는 다리 역할을 하고, 과학에서 상상과 혁신을 시도할 수 있는 훌륭한 방법이다(Brake & Thornton, 2003; Hadzigeorgiou, 2016).

선행 연구의 결과에 따르면, 소설은 내용을 이해하고 해석하고 분석하여 재구성할 수 있는 능력과 기초적인 비평 능력을 기를 수 있게 도와준다(고용우, 2012). 또한 소설은 자연이공계열, 인문사회계열, 예체능계열 등의 모든 계열의 학생들에게 유

용한 학습 도구로써 학습 동기 유발 및 지속에 긍정적이고, 학업 성취의 측면에서도 효과적이다(Wickman, 2004, 2006; Wickman & Ostman, 2002). 그러나 대부분의 관련 연구가 소설 기반의 학습 동기와 만족도에 대한 것으로, 소설 기반 수업과 미래 역량의 연관성 연구는 활발하게 수행되지 않고 있다.

이 연구는 소설을 활용한 STEAM 프로그램을 개발하고, 프로그램이 고등학생들의 미래 역량에 미치는 영향을 조사하였다. 이 연구의 결과는 소설 기반 STEAM 교육 및 상상력을 위한 교수학습 전략 확대에 기여할 것으로 생각한다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

연구의 절차는 다음과 같다(Fig. 1).

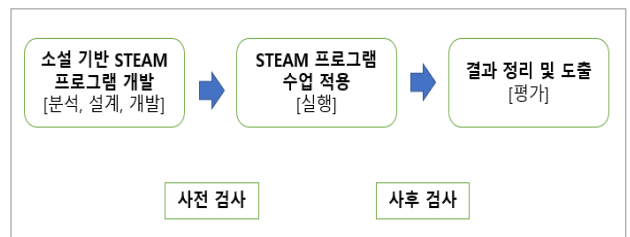


Fig. 1 Procedure of Study

첫째, 소설 기반 STEAM 프로그램 개발 단계에서는 ADDIE 교수 설계 모형(Anggraini & Putra, 2020)을 적용하였다. 요구분석 단계에서 과학자 기반 소설인 ‘Fritz Haber’와 ‘새벽 정원’에 기반하여 스토리를 구성하고, 그에 따른 교수학습 프로그램의 목적을 설정하고, 학습자, 학습 환경을 분석하였다. 설계 단계에서 교과 교육과정의 성취기준을 선별하고, 학습 내용과 학습 활동을 계열화하여 배열하였다. 개발 단계에서 명시화된 수행목표에 따라 실제적인 교수학습 자료를 개발·구성하였다.

그리고 학습자의 핵심역량을 ‘창의적 사고’, ‘비판적 사고’, ‘의사소통’, ‘협업’, 그리고 ‘디지털’ 역량 5가지로 선별하였다. 이것은 21세기 학습·혁신 역량(Learning and Innovation Skills)과 우리나라 교육부에서 제안한 4차 산업혁명에 따른 인재의 역량이며, 디지털 교육환경의 필수 역량인 디지털 역량을 포함한 것이다. 역량 측정도구와 측정 요소를 정리하여 자기보고식 검사지를 구성하였다.

둘째, STEAM 수업을 진행하기 전, 전체 참여 학생들에게 역량의 사전 조사를 실시하였고, 실험집단 학생들을 대상으로 5차시 수업을 진행하였다. 수업이 모두 끝난 후, 전체 참여 학

생들에게 동일한 검사지로 사후 검사를 시행하였다.

셋째, 수집한 자료는 SPSS 28 통계 프로그램을 사용하여 STEAM 프로그램 투입에 따른 효과를 분석하였으며, 실험집단의 학생들이 수업 후 작성한 소감을 정리하고 결론을 도출하였다.

2. 연구 대상 및 기간

연구는 중소도시 소재 여자고등학교 2학년 4개 반의 연구 참여 희망 학생들을 대상으로 수행되었다. 연구 대상은 총 83명으로, 실험집단은 2개 학급의 총 42명이고, 비교집단은 2개 학급의 총 41명이었다(Table 1).

Table 1 Subjects

집단	학급 수(개)	인원 (명)		비고
비교집단	2	20	41	
		21		
실험집단	2	22	42	
		20		
계	4	83		

실험집단은 개발된 소셜 기반 STEAM 프로그램을 적용하였는데, 이 프로그램은 총 5차시로 구성되어 있다. 비교집단은 교육과정에 따라 강의식 수업으로 진행하였다. 실험집단과 비교집단은 겨울 방학 동안 수업을 진행하였으며, 수업을 진행하기 전과 후에 사전 검사와 사후 검사를 실시하였다. 그리고 실험집단에는 수업 후 프로그램에 대한 만족도를 조사하였다.

3. 검사 도구

소셜 기반 STEAM 프로그램 적용 효과 측정을 위한 검사

Table 2 Concepts of Creativity Thinking, Critical Thinking, Communication, Collaboration, and Digital Competence

구분	개념적 정의
창의적 사고	<ul style="list-style-type: none"> 과제 수행 또는 문제해결에서 새로운 아이디어를 생성하는 능력 새로운 방식으로 생각하는 능력
비판적 사고	<ul style="list-style-type: none"> 의사결정을 위해 필요한 능동적인 능력 논리적으로 검토, 분석, 평가, 조직화 등의 사고 능력
의사소통	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 상황에 적합한 자기표현 능력과 타인의 생각과 감정을 올바르게 이해하며 교류하는 능력 타인의 의견을 경청, 존중하며, 갈등을 효과적으로 조정하는 교류 능력
협업	<ul style="list-style-type: none"> 공동 목표를 추구하는 다양한 구성원간의 코디네이션 역할을 하는 능력 여러 분야의 지식과 다른 종류의 경험들에서 발생할 수 있는 갈등을 조정하고, 아이디어를 극대화하는 능력
디지털	<ul style="list-style-type: none"> ICT 능숙도, 정보/데이터 선별·분석·활용, 새로운 디지털 콘텐츠 창출, 디지털 의사소통/협력/참여 능력

지는 첫째, 이론 연구 및 전문가 논의를 통해 역량을 선별하였다. 둘째, 역량과 관련된 조사지(권순구, 2020; 김소영, 2019; 백순근 외, 2017; 이하원·이화선, 2017)에 기초하여 5가지 영역을 선정하였다. 셋째, 각 영역의 문항은 전문가 협의회를 통하여 내용과 타당도를 검토 및 검증한 후, 창의적 사고(7문항), 비판적 사고(6문항), 의사소통(6문항), 협업(5문항), 디지털(7문항)의 총 31문항으로 나누고, 리커트 5점 척도로 구성하였다. 검사지의 신뢰도(Cronbach's α)는 사전 0.918, 사후 0.931로 나타났다.

이 연구에서 조사한 5가지 역량의 개념은 Table 2와 같이 정리된다.

Table 3 Items for Student's Competencies

영역	문항	내용
창의적 사고	1	다른 친구들과 다른 독창적인 생각을 잘한다.
	2	서로 관련없어 보이는 것들을 잘 연결지어 생각한다.
	3	때때로 물건을 본래의 용도와 다르게 사용하기도 한다.
	4	항상 새로운 것에 관심이 많다.
	5	새로운 것을 해보는 것이 재미있다.
	6	친구들이 포기한 일일수록 해결하고 싶은 생각이 강하다.
	7	잘 모르는 것에 대한 해답을 찾아가는 것이 재미있다.
비판적 사고	1	내 생각이 틀리다는 증거가 있으면 내 생각을 바꾼다.
	2	어떤 문제에 대해 다양한 관점에서 생각해 보는 것은 중요한 일이다.
	3	답이 없어 보이는 문제를 해결하려고 노력하는 일이 재미있다.
	4	충분한 근거가 없는 말로는 다른 사람들을 설득하기 어렵다고 생각한다.
	5	나는 체계적으로 문제를 해결하려고 한다.
	6	나는 생각들을 잘 조직할 수 있다.
의사소통	1	내 생각을 다른 사람에게 잘 전달할 수 있다.
	2	내 생각을 글이나 말로 명확하게 표현할 수 있다.
	3	친구의 생각과 감정을 잘 알 수 있다.
	4	친구들의 고민을 잘 들어 준다.
	5	상대방의 표정과 몸짓을 살피면서 속마음을 이해한다.
	6	대화할 때 이야기를 잘 듣고 있다는 것을 말이나 몸짓으로 보여준다.
협업	1	조별 과제나 활동 시 구성원들 간 공평한 역할분담이 이루어 지도록 한다.
	2	조별 과제나 활동 시 구성원들의 생각이나 의견 차이를 이해하고 존중한다.
	3	조별 과제나 활동 시 의견 충돌이 발생한 경우 이를 조율하여 타협점을 찾는다.
	4	조별 활동을 이해하지 못하는 구성원을 도와주고 이끌어준다.
	5	혼자 할 때보다 조별활동에서 더 많은 것을 배운다.
디지털	1	인터넷에서 원하는 정보를 쉽게 찾을 수 있다.
	2	인터넷 검색 결과 믿을만한 정보를 구별할 수 있다.
	3	인터넷에서 광고성 정보를 구별할 수 있다.
	4	영상을 촬영해서 편집할 수 있다.
	5	기존 영상 콘텐츠를 다른 형식의 콘텐츠로 바꿀 수 있다.
	6	인터넷으로 기부를 할 수 있다.
	7	소셜미디어나 게시판 등에 글을 쓸 때 공개범위를 설정할 수 있다.

Table 3은 학생들의 역량 분석을 위해 사용한 역량별 문항 내용이다.

4. 자료 수집 및 분석

소셜 기반 STEAM 프로그램이 미래 역량에 미치는 효과를 조사하기 위해 사전·사후 검사를 시행한 후 결과를 통계분석 프로그램 SPSS Statistics 28을 이용하여 분석하였다. 분석은 역량별로 응답한 문항을 대응 표본 t-검정을 이용하여 통합하여 분석한 후, 문항별로 분석하였다.

III. 실행 결과

1. 소셜 기반 STEAM 프로그램 개발

소셜 기반 STEAM 프로그램은 ‘Fritz Haber: The Damned Scientist(Dunikowska & Turko, 2011)’과 ‘새벽 정원(박재용, 2019)’ 이야기를 기반으로 ADDIE 교수 설계모형(Kurt, 2018)에 따라 개발되었다. 스토리는 질소 비료를 생성하여 인류의 식량 문제를 해결한 공로로 노벨화학상을 수상한 하버 박사, 부인 임버바르 박사, 그들의 아들에 대한 실화에 기반한 것이다. 이러한 과학의 역사에 대한 소설은 이성적 과학을 인간화하고, 동시에 인문학을 과학화하는데 유용한 융합적 소재이다(Gooday et al., 2008).

ADDIE 교수 설계모형의 분석(Analysis) 단계는 요구 분석 단계로, 스토리를 분석하여 STEAM 프로그램 개발을 위한 인구 증가, 식량문제, 지속가능발전, 소통, 가치판단, 산업화, 공학 등의 키워드를 추출하고, 화학, 통합사회, 심화국어, 과학사 등의 관련 교과를 선택하여, 교과별 내용 요소와 성취기준을 선별하였다(Table 4).

Table 4 Subjects, Keyword, and Achievements

교과	키워드	성취기준
화학	질소, 식량 문제, 하버-보슈법, 공학적 실천	[12화학01-01] 화학이 식량 문제, 의류 문제, 주거 문제해결에 기여한 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
과학사	과학사, 화학사, 과학윤리, 가치판단, 과학의 본성	[12과사01-06] 과학을 다른 학문과 비교하여 생각해보고, 과학의 본성이 무엇인지 설명할 수 있다.
통합사회	가치판단, 지속 가능한 발전, 미래와 지속가능한 삶, 과학기술 양면성	[10통사09-02] 지구적 차원에서 사용 가능한 자원의 분포와 소비 실태를 파악하고, 지속가능한 발전을 위한 개인적 노력과 제도적 방안을 탐구한다.
심화국어	윤리적 사고, 협력적·비판적 탐구, 공동체의 삶	[12심국04-02] 협력적이고 비판적인 태도로 문제를 탐구한다.

Table 4는 2015 개정 교육과정에 따른 화학 I, 과학사, 통합사회, 심화국어 교과목과 키워드, 성취기준을 정리한 것이다.

설계(Design) 단계에서 인류의 식량문제를 해결한 과학사적 대표적인 사례에 기반하여 관련 교과목의 성취기준과 연계하고 과학자의 인간적 윤리적 이슈의 사회 및 인문학적 요소를 포함하여 STEAM 프로그램을 개발하였다. 다양한 관점에서 상황을 이해하고 문제를 발견하고 해결하고 연극으로 표현하는 과정에서 비판적 역량, 창의적 역량, 의사소통과 협업 역량, 그리고 디지털 역량을 함양할 수 있도록 개발하였다.

Table 5는 과학의 본성과 공동체의 삶 등을 포함한 프로그램의 개요와 학습목표, 그리고 프로그램의 구성을 요약한 것이다. 과학기술공학이 인간과 사회에 미치는 영향, 과학의 본성과 과학 탐구, 과학 윤리 등을 포함한 융합적 관점 및 식량 문제해결을 위한 과학기술과 공학적 실천으로 구성하였다. 그리고 과학자와 인간, 윤리와 가치, 아들과 부모 등의 갈등 등을 논의하는 활동과 질문 생성 활동을 포함하였다.

Table 5 Summary of STEAM Program and Objectives

구분	내용
개요	<ul style="list-style-type: none"> 인류문명사에 커다란 영향을 준 공기 중 질소를 암모니아로 합성하여 화학비료를 대량 생산할 수 있게 된 과학기술적 사실을 기반으로 사회 및 인문학적 요소를 포함하여 STEAM 프로그램을 개발한다. 과학기술공학이 인간과 사회에 미치는 영향, 과학의 본성과 과학 탐구, 과학 윤리 등을 포함한 융합적 관점으로 구성한다. 식량 문제해결을 위한 과학기술과 공학적 실천을 포함한다. 과학자 윤리, 아들과 부모 등의 가족 갈등 등을 논의하는 활동과 질문 생성 학습을 포함한다.
학습목표	<ul style="list-style-type: none"> 시대적, 사회적 배경을 이해하고 인류 문제를 해결한 과학적·공학적 업적을 설명할 수 있다. 과학과 관련한 현상 또는 과학사에서 과학 탐구 문제를 발견하여 정의할 수 있다. 다양한 입장과 관점에서 스토리를 이해하고 올바른 가치관의 중요성을 인식하고 이를 연극으로 표현하여 융합적 사고를 신장한다.
구성	<ul style="list-style-type: none"> 프로그램은 ‘인류 식량 문제 해결’과 ‘과학자의 윤리’의 두 부분으로 구성한다. [인류 식량 문제 해결을 위한 과학과 공학의 도전] <ul style="list-style-type: none"> 시대적, 사회적 배경을 이해하고, ‘화학’이 인류의 식량 문제에 기여한 하버-보슈법을 조사한다. 과학과 관련한 현상 또는 과학사에서 과학 탐구 문제를 발견하여 정의한다. [개인인 과학자의 윤리와 의사결정] <ul style="list-style-type: none"> 탐구활동 과정에서 지켜야 할 안전 사항 및 생명 존중, 연구 진실성 등과 같은 연구 윤리를 준수한다. 사회 구성원으로서 가져야 할 가치와 태도를 다양하게 표상하고 소통한다.

개발(Development) 단계에서 STEAM 프로그램을 ‘스토리 분석 및 탐색’, ‘과학적 탐구와 공학적 해결’, ‘과학과 행복 사이’

등의 3개 활동으로 구분하고, 각 활동을 1~2차시로 구성하여 총 5차시 프로그램으로 개발하였다(Table 6).

Table 6은 수업 진행과 주요 활동을 제시한 것이다.

Table 6 Contents of STEAM Program

구분 (차시)	수업 진행	주요 활동	관련 역량
스토리 분석 및 탐색 (1차시)	스토리 제시	<ul style="list-style-type: none"> •하버와 클라라 자료 제공 •핵심질문(Big Idea) 추출 •조사 분석 및 'Creately' 등의 디지털 도구를 활용한 자료 구성 	창의적 & 비판적
	상황 이해	<ul style="list-style-type: none"> •인물 성격 및 관계 분석 •시대 변화와 과학의 역할 •유대인 등의 다문화 이해 •질문 생성 및 탐구 토론 	
	분석	<ul style="list-style-type: none"> •문제 인식 및 정의 •문제 쟁점 제시 	
과학적 탐구와 공학적 해결 (2차시)	과학적 개념	<ul style="list-style-type: none"> •인구 증가와 식량 이슈 •과학적 개념과 문제 •과학적 및 경제적 상황에 대한 핵심 질문 생성 	창의적 & 의사소통 & 협업
	과학과 공학적 해결	<ul style="list-style-type: none"> •식량 생산 문제 해결 •과학자의 역할 •추상화 사다리기법 활용 	
과학과 행복 사이 (3~5차시)	시간 여행	<ul style="list-style-type: none"> •만약 내가 '하버, 클라라, 아들, 또는 기타 사람이었다면'의 관점에서 스토리 재구성 •스토리 콘텐츠 창출 	창의적 & 의사소통 & 디지털
	영상 제작 및 공유	<ul style="list-style-type: none"> •영상 제작을 위한 세부 내용 작성, 영상 제작 •완성된 결과물 공유 	

실행(Implement)과 평가(Evaluation) 단계에서 STEAM 프로그램을 수업에 적용하고, 프로그램의 만족도와 학생의 역량을 조사하였다.

2. 학생의 프로그램에 대한 만족도

소셜 기반 STEAM 프로그램에 참여한 학생 42명을 대상으로 프로그램에 대한 만족도를 흥미도, 수업 참여, 내용 이해도, 융합적 사고, 재참여 의지 등의 5점 척도로 조사한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7 Items for STEAM Program Satisfaction

문항 내용	평균	표준편차
수업은 흥미로웠다.	4.63	.627
학습 내용은 이해가 잘 되었다.	4.73	.527
융합적 사고를 할 수 있었다.	4.67	.601
즐겁게 수업에 참여하였다.	4.55	.650
앞으로 유사한 수업에 참여하고 싶다.	4.57	.574

각 문항별 만족도가 4.55/5점 이상으로 나타나서 프로그램에 대한 만족도는 높은 것으로 조사되었다. 특히 만족도가 높은 문항은 '학습 내용은 이해가 잘되었다'는 문항의 평균이 4.73, '융합적 사고를 할 수 있었다' 문항의 평균은 4.67로 나타났다. 이 결과는 학생의 인식 측면에서 STEAM 프로그램이 학습 이해 및 융합적 사고의 향상에 긍정적이었음을 확인할 수 있었다. 또한 '수업은 흥미로웠다'와 '즐겁게 수업에 참여하였다'에 대한 문항 평균이 각각 4.63과 4.55, '앞으로 유사한 수업에 참여하고 싶다'에 문항 평균이 4.57로 나타나, 학생들은 STEAM 프로그램 참여 활동에 만족했음을 보여주었다.

3. 학생들의 역량 분석

비교집단과 소셜 기반 STEAM 프로그램을 적용한 수업을 받은 실험집단에 대해 수업 전 학생 역량 수준의 동질성을 검증하기 위하여 독립 t-검정을 실시한 결과, 두 집단 간의 역량은 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$). 즉, 비교집단과 실험집단은 창의적 사고, 비판적 사고, 의사소통, 협업, 디지털 역량 수준에서 거의 동질 집단이라고 볼 수 있다.

비교집단과 실험집단 조사 결과는 다음과 같다. Table 8은 비교집단과 실험집단의 수업 전과 후의 학생 역량을 대응 표본 t 검정으로 조사한 결과이다.

Table 8 Student's Competence for Paired t-test

영역	집단	구분	N	평균	표준편차	t-value	p-value
창의적 사고	비교	사전	41	2.693	1.026	-2.74	0.006*
		사후	41	2.739	1.026		
	실험	사전	42	2.679	0.994	-6.94	0.000**
		사후	42	2.955	0.983		
비판적 사고	비교	사전	41	2.882	0.972	-3.19	0.001*
		사후	41	2.943	0.937		
	실험	사전	42	2.874	0.928	-6.70	0.000**
		사후	42	3.154	0.857		
의사소통	비교	사전	41	2.983	0.990	-1.28	0.201
		사후	41	3.008	0.948		
	실험	사전	42	2.972	0.966	-3.18	0.001*
		사후	42	3.049	0.968		
협업	비교	사전	41	2.902	0.939	-1.16	0.249
		사후	41	2.922	0.910		
	실험	사전	42	2.912	0.909	-5.43	0.000**
		사후	42	3.112	0.853		
디지털 역량	비교	사전	41	3.084	0.865	-1.83	0.067
		사후	41	3.118	0.836		
	실험	사전	42	3.087	0.846	-5.57	0.000**
		사후	42	3.254	0.772		

비교집단은 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았지만, 실험집단의 경우 창의적 사고, 비판적 사고, 협업, 디지털 역량에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p < .001$). 그러나, 의사소통 영역에서는 실험집단도 통계적으로 유의미한 차이를 보여주지 못하였다(Table 8).

Table 9는 창의적 사고 영역을 문항별로 분석한 결과이다.

Table 9 Student Creativity Thinking's Competence for Paired t-test

문항	집단	구분	N	평균	표준 편차	t-value	p-value
1	비교	사전	41	2.707	1.078	-1.78	0.083
		사후	41	2.780	1.061		
	실험	사전	42	2.707	1.078	-2.46	0.018
		사후	42	2.927	1.034		
2	비교	사전	41	2.634	1.019	-1.14	0.262
		사후	41	2.707	1.031		
	실험	사전	42	2.683	0.986	-3.58	0.000**
		사후	42	3.098	0.944		
3	비교	사전	41	2.756	0.943	-0.573	0.570
		사후	41	2.780	0.988		
	실험	사전	42	2.609	0.833	-3.15	0.003*
		사후	42	2.951	0.893		
4	비교	사전	41	2.732	1.141	-0.573	0.570
		사후	41	2.756	1.135		
	실험	사전	42	2.756	1.113	-2.76	0.008*
		사후	42	3.049	1.071		
5	비교	사전	41	2.683	1.059	-1	0.323
		사후	41	2.707	1.101		
	실험	사전	42	2.707	1.078	-2.13	0.039
		사후	42	2.976	1.037		
6	비교	사전	41	2.683	1.035	-1.78	0.08
		사후	41	2.756	1.043		
	실험	사전	42	2.659	0.990	-2.15	0.037
		사후	42	2.878	1.029		
7	비교	사전	41	2.659	0.965	-0.573	0.570
		사후	41	2.683	0.907		
	실험	사전	42	2.634	0.915	-2.01	0.051
		사후	42	2.805	0.901		

창의적 사고 영역의 '서로 관련 없어 보이는 것들을 잘 연결지어 생각한다', '때때로 물건을 본래의 용도와 다르게 사용하기도 한다', '항상 새로운 것에 관심이 많다' 문항에서 소설 기반 STEAM 교육을 받은 후의 점수가 받기 전에 비해 높아졌다.

이 결과는 소설 기반 STEAM 교육이 학생들에게 창의적인 사고 역량을 부분적으로 증진시켜 준다고 판단할 수 있다. 하

지만, 독창적인 사고나 새로운 것에 대한 관심, 친구들이 해결하지 못한 문제에 대한 관심 등은 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 이러한 내용들은 추후 장기적인 관점에서 변화를 조사할 필요가 있다.

Table 10은 학생들의 비판적 사고 영역을 문항별로 분석한 결과이다.

Table 10 Student Critical Thinking's Competence for Paired t-test

문항	집단	구분	N	평균	표준 편차	t-value	p-value
1	비교	사전	41	2.854	0.909	-1.43	0.160
		사후	41	2.902	0.860		
	실험	사전	42	2.854	0.909	-2.96	0.005*
		사후	42	3.073	0.787		
2	비교	사전	41	2.732	0.923	-1.36	0.183
		사후	41	2.805	0.901		
	실험	사전	42	2.756	0.830	-2.82	0.007*
		사후	42	3.122	0.872		
3	비교	사전	41	2.780	1.013	-2.08	0.044
		사후	41	2.878	0.954		
	실험	사전	42	2.707	0.929	-3.19	0.003*
		사후	42	3.073	0.932		
4	비교	사전	41	2.967	0.959	-1	0.323
		사후	41	2.951	0.973		
	실험	사전	42	2.951	0.973	-2.45	0.019
		사후	42	3.146	0.853		
5	비교	사전	41	3.073	1.034	-0.703	0.486
		사후	41	3.122	0.979		
	실험	사전	42	3.049	0.973	-1.55	0.128
		사후	42	3.219	0.852		
6	비교	사전	41	2.927	1.009	-1.78	0.083
		사후	41	3.000	0.975		
	실험	사전	42	2.927	0.959	-3.76	0.001*
		사후	42	3.293	0.873		

소설 기반 STEAM 교육을 받은 후에 학생들은 '내 생각이 틀리다는 증거가 있으면 내 생각을 바꾼다', '어떤 문제에 대해 다양한 관점에서 생각해 보는 것은 중요한 일이다', '답이 없어 보이는 문제를 해결하려고 노력하는 일이 재미있다', '나는 생각들을 잘 조직할 수 있다' 문항에서 STEAM 교육을 받기 이전에 비해 점수의 변화를 보여주었다. 이것은 STEAM 교육이 학생들의 비판적 사고 역량에 부분적인 영향을 미치고 있다는 것을 보여주는 결과라 생각할 수 있다.

Table 11은 의사소통 역량을 문항별로 분석한 결과이다.

Table 11 Student Communication's Competence for Paired t-test

문항	집단	구분	N	평균	표준 편차	t-value	p-value
1	비교	사전	41	2.927	0.831	0.443	0.660
		사후	41	2.902	0.848		
	실험	사전	42	2.927	0.877	-1.67	0.103
		사후	42	3.024	0.879		
2	비교	사전	41	2.976	1.107	0.374	0.710
		사후	41	2.951	0.999		
	실험	사전	42	2.976	1.060	-1	0.323
		사후	42	3.049	1.117		
3	비교	사전	41	2.967	0.905	-1.43	0.160
		사후	41	2.976	0.851		
	실험	사전	42	2.878	0.899	-1.67	0.103
		사후	42	2.976	0.851		
4	비교	사전	41	3.049	1.048	-0.57	0.570
		사후	41	3.073	1.058		
	실험	사전	42	3.073	1.009	-0.44	0.660
		사후	42	3.098	1.044		
5	비교	사전	41	3.073	1.034	-1.78	0.083
		사후	41	3.146	0.989		
	실험	사전	42	3.024	0.987	-1.95	0.058
		사후	42	3.146	0.989		
6	비교	사전	41	2.951	0.999	-1.43	0.160
		사후	41	3.000	0.975		
	실험	사전	42	2.951	0.998	-1	0.323
		사후	42	3.000	0.949		

STEAM 교육을 받기 전과 후에 통계적으로 유의미한 차이를 보여주지 못하였다($p < .01$). 이 결과는 의사소통 역량은 개인의 성격에 따라 많은 영향을 받을 수 있으며, 단시간에 변화되는 성격의 역량이 아니기 때문에 통계적으로 유의미한 차이를 보여주지 못하였다고 추정된다.

Table 12는 협업 역량을 문항별로 분석한 결과이다.

협업 역량은 영역 전체적으로는 통계적으로 유의미한 차이가 있었지만, 각 문항별로는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 협업 역량의 각 문항별 차이는 미비하지만, 이 차이들이 전체적으로 모여 통계적으로 유의미한 차이를 보여주는 수준으로 확대된 결과라 생각된다. 이 부분에 대해서는 추후에 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 13은 학생들의 디지털 영역을 문항별로 분석한 결과이다.

Table 12 Student Collaboration's Competence for Paired t-test

문항	집단	구분	N	평균	표준 편차	t-value	p-value
1	비교	사전	41	2.829	0.946	-1	0.323
		사후	41	2.854	0.937		
	실험	사전	42	2.854	0.937	-0.44	0.660
		사후	42	2.878	0.927		
2	비교	사전	41	2.951	0.973	-0.44	0.660
		사후	41	2.976	0.879		
	실험	사전	42	2.902	0.917	-1.36	0.183
		사후	42	2.976	0.879		
3	비교	사전	41	2.902	0.944	1	0.323
		사후	41	2.878	0.954		
	실험	사전	42	2.976	0.961	1.14	0.262
		사후	42	2.902	0.944		
4	비교	사전	41	2.976	0.961	-1	0.323
		사후	41	3.024	0.935		
	실험	사전	42	3.024	0.908	-1.43	0.160
		사후	42	3.122	0.899		
5	비교	사전	41	2.854	0.909	-1	0.323
		사후	41	2.878	0.872		
	실험	사전	42	2.805	0.843	-1.14	0.262
		사후	42	2.878	0.872		

디지털 역량에서는 ‘영상을 촬영해서 편집할 수 있다’와 ‘기존 영상 콘텐츠를 다른 형식의 콘텐츠로 바꿀 수 있다’ 문항에서 소설 기반의 STEAM 교육을 받은 후에 학생들의 역량이 받기 전에 비해 향상되었다. 이는 수업 시간에 동영상 제작하였기 때문에 디지털 역량이 증가되었다고 보인다.

소설 기반 STEAM 교육을 받은 실험집단은 5가지 분야의 역량 중에서 창의적 사고, 비판적 사고, 디지털 역량의 세부 문항에서 변화를 하였지만, 비교집단은 5가지 모든 분야의 역량에서 통계적으로 유의미한 차이를 보여주지 못하였다. 이는 비교집단이 받은 전통적 수업이 학생들에게 새로운 경험을 제공해주지 못하였고, 일방적으로 교사의 수업을 듣는 형식으로 진행되었기 때문에 학생들에게 흥미를 제공해주지 못한 결과라 추정된다. 이에 반해 실험집단에서 이루어진 소설 기반 STEAM 프로그램 수업은 실생활과 연관된 내용을 제공해주었고, 문제를 해결하는 과정에서 학생들 간의 활발한 토의 및 토론의 기회가 제공되었다. 또한, 학생 스스로 소프트웨어 프로그램을 활용하여 문제를 해결할 수 있는 기회가 제공되어, 스스로 문제를 해결함으로써 자아에 대한 긍정적인 인식과 자아 효능감을 느낄 수 있었기 때문에 창의적 사고, 비판적 사고, 디지털 역량 영역에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다.

Table 13 Student Digital Competence for Paired t-test

문항	집단	구분	N	평균	표준 편차	t-value	p-value
1	비교	사전	41	2.976	0.851	-0.44	0.660
		사후	41	3.000	0.865		
	실험	사전	42	2.976	0.851	-1.14	0.262
		사후	42	3.049	0.805		
2	비교	사전	41	3.073	0.818	-1.43	0.160
		사후	41	3.122	0.781		
	실험	사전	42	3.098	0.735	-0.81	0.421
		사후	42	3.146	0.760		
3	비교	사전	41	3.171	0.913	-0.57	0.570
		사후	41	3.195	0.872		
	실험	사전	42	3.146	0.909	-1.36	0.183
		사후	42	3.219	0.852		
4	비교	사전	41	2.976	0.908	1.43	0.160
		사후	41	2.976	0.908		
	실험	사전	42	3.049	0.893	-3.72	0.000**
		사후	42	3.537	0.674		
5	비교	사전	41	3.171	0.863	-0.81	0.421
		사후	41	3.244	0.830		
	실험	사전	42	3.171	0.863	-3.59	0.000**
		사후	42	3.415	0.631		
6	비교	사전	41	3.049	0.865	1.43	0.160
		사후	41	3.049	0.865		
	실험	사전	42	3.098	0.831	-0.57	0.570
		사후	42	3.122	0.872		
7	비교	사전	41	3.049	0.893	-2.72	0.009*
		사후	41	3.244	0.767		
	실험	사전	42	3.073	0.877	-2.68	0.011
		사후	42	3.293	0.716		

IV. 결론 및 시사점

‘Fritz Haber’와 ‘새벽 정원’ 스토리에 기반하여 STEAM 프로그램을 ADDIE 교수 설계에 따라 개발하고, 프로그램을 고등 학생에게 적용하여 학생들의 역량을 조사한 연구의 결론 및 시사점은 다음과 같다.

ADDIE 교수 설계의 요구분석 단계에서 소설을 활용한 교수학습 프로그램의 목적을 설정하고, 학습자 분석, 학습 환경 분석 등을 실시하였다. 설계 단계에서 ‘Fritz Haber’와 ‘새벽 정원’을 선택하고, 교육과정의 성취기준을 분석하여 학습 목표를 설정하고, 학습 내용과 학습 활동을 계열화하여 배열하였다. 인구 증가, 식량문제, 지속 가능 발전, 소통, 가치 판단, 산업화, 공학 등의 키워드를 추출하였고, 내용 요소와 관련

성취기준을 선별하여 ‘스토리 분석 및 탐색’, ‘과학적 탐구와 공학적 해결’, ‘과학과 행복 사이’의 3개 활동으로 설계하고, 총 5차시 프로그램으로 개발하였다. 또한 개발된 프로그램을 수업에 적용하고 평가하였다.

이것은 교수 설계를 통해 소설에 내포된 융합의 대상이 되는 주제 및 교과들이 연결되는 토대를 제공하고, 교과 및 주제 중심 융합 프로그램을 개발하여 수업에 적용할 수 있음을 시사한다. 또한 소설 기반 STEAM 프로그램은 과학 교과를 포함하여 모든 교과에서 적용 가능하며, 여러 전공의 교사들의 팀티칭이나 코티칭이 가능하다.

따라서 추후 보다 다양한 소설을 활용한 교수학습 프로그램이나 혁신적 전략 등에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

소설 기반 STEAM 프로그램을 학교 수업에 적용한 결과에 따르면, 비교집단은 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았지만, 실험집단의 경우 창의적 사고, 비판적 사고, 디지털 역량에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 하지만, 의사소통, 협업 영역에서는 실험집단도 통계적으로 유의미한 차이를 보여주지 못하였다.

실험집단의 분석 결과를 세부적으로 살펴보면, 학생들은 서로 관련이 없는 것들을 연결 지어 생각하거나, 어떤 물건을 다른 용도로 사용하거나, 새로운 것에 관심이 증가하는 등의 창의적 사고가 향상되었다. 또한, 잘못된 생각을 수정하거나, 답이 없어 보이는 문제를 해결하려는 일에 흥미를 가지거나, 새로운 스토리를 창출하는 활동 등의 비판적 사고 역량이 증진되는 모습도 보여 주었다. 동시에 소프트웨어 프로그램을 활용하는 등 디지털 역량도 증가된 것을 확인할 수 있었다.

소설 기반 STEAM 프로그램은 학생들에게 실제적 상황과 스토리를 다양한 관점에서 비판적으로 재탐색하여 창의적으로 재구성하고, 동료들과 함께 의사소통과 협업을 통해 연극으로 표현하는 공학적 실천을 경험할 기회를 제공한다. 이를 통해 학생들은 현대의 복잡한 사회를 이해하고 융합적 사고를 증진하고, 미래사회에 대한 공학적 혁신의 시각을 넓힐 수 있는 기회가 될 것이다.

소설 기반 STEAM 프로그램은 중등학교에서 창의적 체험 활동, 자유학기 프로그램, 동아리활동, 학습 공백기를 위한 교수전략으로 활용 가능할 것이다. 또한 이 연구의 결과는 공학적 실천을 위한 소설의 융합교육 적용 등 새로운 교수학습 전략을 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017S1A5A2A01026746)

참고문헌

1. 고용우(2012). 소설교육 왜 실천하기 어려운가? *우리말교육현장 연구*, 6(2), 69-90.
2. 권순구(2020). 혁신교육과정 기반 핵심역량척도 개발 및 타당화 연구: 공과대학을 중심으로. *교육문화연구*, 26(2), 129-152.
3. 김소영(2019). 학습역량 측정도구 개발 및 타당화 연구: CTL 비 교과 교육 프로그램 기반의 학습역량을 중심으로. *Global Creative Leader: Education & Learning*, 9(5), 109-129.
4. 김영민 외(2013). 초중등학교 교사의 초중등 공학교육에 대한 인식 분석. *공학교육연구*, 16(5), 9-17.
5. 김진수(2012). STEAM 교육론. 양서원
6. 박재용(2019). 새벽 정원. 손바닥 소설로 읽는 과학자 이야기 3. BRIC. (2022.11.12). <https://www.ibric.org/myboard/read.php?Board=news&id=308004&ksr=1&FindText=박재용>
7. 박현주 외(2012). STEAM 교육의 구성 요소와 수업설계를 위한 준거 틀의 개발. *학습자중심교과교육연구*, 12(4), 533-557.
8. 박현주, 백운수(2015). 로봇 STEAM 교수학습 프로그램 제안. *공학교육연구*, 18(6), 3-10.
9. 백순근 외(2017). 고등학생용 여섯 가지 핵심역량 측정도구 개발 및 타당화 연구. *교육평가연구*, 30(3), 363-395.
10. 송진웅 외(2019). 미래세대를 위한 과학교육표준의 주요 내용과 특징. *한국과학교육학회지*, 39(3), 465-478.
11. 이수영(2019). 4차 산업혁명 시대의 창의성 계발을 위한 박물관 교육 환경 고찰. *학습자중심교과교육연구*, 19(3), 947-966.
12. 이하원, 이화선(2017). 대학생용 핵심역량 진단 검사(K-CCCA)의 개발. *교양교육연구*, 11(1), 97-127.
13. 이현주 외(2020). 이공계 대학생의 사회적 책임감 함양을 위한 ENACT 모형의 개발과 교육적 함의. *공학교육연구*, 23(6), 3-16.
14. 이효녕(2011). 융합인재교육(STEAM) 시행을 위한 미국의 STEM 교육 고찰. *월간과학창의 2월호*. 서울: 한국과학창의재단.
15. 조한국(2021). 미래교육 및 미래 학교의 전망을 통한 과학교육의 방향과 과제. *교과교육연구*, 25(1), 61-78.
16. Anggraini, P. A. D. & Putra, D. B. S.(2020). Developing learning video with addie model on science class for 4th grade elementary school students. *Proceedings of the 2nd International Conference on Technology and Educational Science (ICTES 2020)*. (2022, Nov 21) file:///C:/Users/chosun/Downloads/125955279.pdf
17. Asunda, P.(2012). Standards for technological literacy and STEM education delivery through career and technical education programs. *Journal of Technology Education*, 23(2), 44
18. Brake, M. & Thornton, R.(2003). Science fictions in the classroom. *Physics Education*, 38(1), 31-34.
19. Breiner, J. et al.(2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 1-56.
20. Brophy, S. et al.(2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
21. Bybee, R. W.(2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70, 30-35.
22. Campbell, M. E.(1999). Oh, now I get it!. *Journal of Engineering Education*, 88(4), 381-383.
23. Cunnihgham, J.(2014). Use science fiction to teach STEM, inspire innovation. (2022, Nov 15). *Education World*. https://www.educationworld.com/a_curr/science-fiction-stem-engagement-technology.shtml
24. Dick, K. J., & Stimpson, B.(1999). A course in technology and society for engineering students. *Journal of Engineering Education*, 88(1), 113-117.
25. Gooday, C. et al.(2008). Does science education need the history of science?. *ISIS*, 99(2), 322-330.
26. Hadzigeorgiou, Y.(2005). Romantic understanding and science education. *Teaching Education*, 16, 23-32.
27. Hadzigeorgiou, Y.(2016). *Imaginative science education: The central role of imagination in science education*. Springer Nature
28. Hadzigeorgiou, Y. & Forions, N.(2007). Imaginative thinking and learning of science. *The Scinece Education Review*, 6(1), 15-23.
29. Kurt, S.(2018). Addie model: Instructional design. *Frameworks & Theories*, December.
30. National Research Council of the National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine(2012). *A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. (2022, Nov 15). <https://doi.org/10.17226/13165>.
31. P21-Battelle for Kids. <https://www.battelleforkids.org/networks/p21>
32. Roehrig, G. H. et al.(2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
33. Sanders, M. E.(2009). *Integrative STEM education for PK-12 education*. Paper presented at the Triangle Coalition Conference, Washington, DC.
34. Sanders, M. E. & Wells, J. G.(2007). New 'Integrative STEM Education' program: Courses & degree options. (2022, Nov 16). <http://www.soe.vt.edu/istemed/>.
35. Segall, A.(2002). Science fiction in engineering instruction:

- To boldly go where no educator has gone before. *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.
36. Stutler, S. L.(2011). From the twilight zone to avatar: Science fiction engages the intellect, touches the emotions, and fuels the imagination of gifted learners. *Gifted Child Today*, 34(2), 45-49.
37. Wickman, P. O.(2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education*, 25(1), 1-20.
38. Wickman, P.(2006). *Aesthetic experience in science education learning and meaning-making as situated talk and action*. Routledge.
39. Wickman, P. & Ostman, L.(2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education*, 86(5), 601-623.
40. Williams, P.(2011). STEM education: Process with caution. *Design and Technology Education*, 16(1), 26-35.
41. Wilson, R.(1973). Bridging the gap between technology and the humanities. *Engineering Education*, 63(5), 349-351.
42. Zollman, A.(2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 1-56.



박현주 (Park, HyunJu)

1995년: University of Wisconsin-Madison, 과학교육학 박사
현재: 조선대학교 화학교육과 교수
관심분야: STEAM, SSI, 융합교육
E-mail: hjapark@chosun.ac.kr