

RESEARCH ARTICLE

The Effects of Maker Education-based STEM Program on Learning Motivation and STEM Attitudes of Middle School Students

Dae Hwa Hong¹ · Hyonyong Lee² · Hyundong Lee³ · Jaedon Jeon^{2*}

¹Daeryum Middle School

²Kyungpook National University

³Daegu National University of Education

메이커 교육 기반의 STEM 프로그램이 중학생의 학습 동기 및 STEM 태도에 미치는 영향

홍대화¹ · 이효녕² · 이현동³ · 전재돈^{2*}

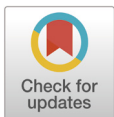
¹대륜중학교 · ²경북대학교 · ³대구교육대학교

*Corresponding Author: jjd8659@knu.ac.kr

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the middle school students' attitude toward STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) and the change of learning motivation by developing and applying Maker education-based STEM program. The STEM program was developed as the 4 classes under the topic of 'the school commemorative coin contest exhibit'. The final program, which had been revised and complemented through the program consultation from the specialists in subject pedagogy and technology/engineering in the STEM field, proved to have its effects on 50 second-graders of D middle school in a Metropolitan City. The results of the Maker education-based STEM program are as follows. First, it helped the students' future and integrated thinking capacities and developed program to make it possible in the maker space in school. Second, the developed STEM program showed statistically significant improvements in the learning motivation. Third, the program showed statistically significant improvements in the awareness of technology/engineering, mathematics, technology/engineering interest maintenance, mathematics interest maintenance. The average value rose and showed statistically significant improvements in both the intrinsic motivation and learning motivation. In conclusion, the Maker education-based STEM program under the topic of 'the school contest exhibit' showed commemorative coin improvement in the technology/engineering, the awareness and interest of mathematics among the attitudes toward STEM. Learning motivation like intrinsic motivation about learning and class motivation showed significant improvements. The newly developed Maker education-based STEM program is thought to be of much use and thus maker education and STEM education will enhance the understanding of science, technology, mathematics and contribute to developing convergent human resources with creative thought ability.

Key words : Maker education, STEM education, learning motivation, STEM attitudes



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2023, Vol. 13, No. 1, 19-36.

<https://doi.org/10.31216/BDL.20230002>

Received: March 06, 2023

Revised: March 15, 2023

Accepted: March 16, 2023

© 2023. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

미래 사회에서는 지식의 양이 폭발적으로 증가하고 있으며, 지식에 대한 소비 속도와 지식의 유통기한도 매우 짧아지고 있다. 학생들에게는 단순한 지식의 습득을 넘어서 지식의 해석과 활용, 재생산이 가능한 미래 인재상이 재설정 되었고, 고도의 창의성과 사회적 공감 능력을 가진 창의·융합적 인재가 요구되고 다학문적인 문제 해결 능력을 함양하기 위해 다양한 지식을 활용하여 문제를 창의적으로 해결할 수 있는 창의 융합 교육이 중요한 시대가 되었다(Ministry of Education, 2015). 학생들이 본인의 삶과 주변의 문제에 공감하며, 문제 해결을 위한 아이디어를 발현하고, 실행하며 성장의 경험을 느낄 수 있는 융합 교육 프로그램을 통해 창의적 문제 해결 역량을 비롯한 미래 사회가 요구하는 인재 양성을 위해 학교 교육이 노력할 필요가 있다.

2022 개정 교육과정에서는 미래 사회가 요구하는 핵심 역량을 함양하여 포용성과 창의성을 갖춘 주도적인 사람으로 성장하는데 중점을 두고, 교과 교육에서 깊이 있는 학습을 통해 역량을 함양할 수 있도록 교과 간 연계와 통합, 학생의 삶과 연계된 학습, 학습에 대한 성찰을 강화하는 것을 교과과정 구성의 중점으로 두고 있다. 또한 폭넓은 기초 능력을 바탕으로 진취적 발상과 도전을 통해 새로운 가치를 창출하는 창의적인 사람을 추구하는 인간상 중 하나로 제시하고, 폭넓은 기초 지식을 바탕으로 다양한 전문 분야의 지식, 기술, 경험을 융합적으로 활용하여 새로운 것을 창출하는 창의적 사고 역량을 제시한다(Ministry of Education, 2022).

세계경제포럼의 경쟁력 보고서(Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2019)에 따르면 우리나라는 교육과 기술 분야에서의 점수가 OECD 평균보다 낮게 나타나고 있는데, 우리나라가 국제 사회에서 선진국의 지위를 공고히 하고 한 단계 더 성장하기 위해서는 선진 교육과학 기술 체제 구축을 통해 글로벌 창의 인재를 키우고 융합과학기술 개발에 집중할 필요가 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2012). 이러한 융합과학 기술 인력을 양성하고 국제적으로 필요한 융합과학 인력을 양성하기 위해, 우리나라 학교 교육에서는 수학·과학 내실화를 통한 교육 개혁으로 STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 교육을 적용하였다(Lee, 2011; Sanders et al., 2011). 통합 STEM 교육(Integrative STEM Education) 또는 STEM 교육은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics)의 내용(Contents)과 과정(Process)을 체계적·의도적으로 통합하려는 기술/공학적 설계 기반 학습이다. 이때 통합 STEM 교육은 과학, 기술, 공학, 수학 교과 중심의 통합 교육으로 단순한 내용학적 통합을 의미하는 것이 아니라 언어, 사회, 예술 등 다른 교과와의 통합을 의미한다(Lee, 2011; Sanders, 2009; Sanders et al., 2011).

STEM 교육의 중요성은 학생들의 이공계열 진로 선택에 있어서도 많은 영향을 미치는 것으로 연구되었다. STEM/STEAM 선행 연구에 따르면 STEM 교육은 학생의 흥미, 태도와 같은 정의적인 영역에 효과적인 것이 확인되었는데(Kang & Nam, 2017; Lee et al., 2022; Lim & Yoo, 2019), 특히 Lee et al. (2022)의 연구에서는 STEM 교육을 경험한 학생들의 과학, 수학 및 기술 공학에 대한 인식이 개선되었음과 함께 해당 교과 영역의 진로 인식도 함께 증가되었음을 확인할 수 있었다. 즉 STEM 교육을 통해 관련 교과목 태도를 높여 해당 영역의 진로에 대한 학생들의 인식을 개선할 수 있었기 때문에 학생들의 정의적 태도를 개선할 수 있는 적절한 STEM 프로그램의 개발 및 적용이 요구될 것이다.

한편, 학습 동기의 경우 학생들의 다양한 심리적 요인에 관련되어 학업성취도에 영향을 미칠 뿐만 아니라 개인의 진로에도 밀접한 관련이 있는 것으로 연구되었다(Kang et al., 2014). 특히 Jang (2021)의 학습자 중심교육과 관련한 진로 중단 연구에서는 학생들의 내·외재적 조절동기가 진로에 유의미한 영향을 미치고 있음을

확인하였는데, 학습 동기를 높이기 위한 방법으로 학생들이 학습의 주체자로 체험할 수 있는 활동이 중요함을 강조하였다. STEM 교육의 경우 관련된 과목들 간의 통합 수업을 통해 학생들 스스로 공학적 설계를 수행하는 과정에서 문제 해결 능력이나 의사 결정을 향상시킬 수 있음이 확인되었다(Kwon & Lee, 2008). 따라서 학생들의 진로 인식 개선을 위한 학습 동기 증진의 측면에서도 학생들이 적극적으로 참여할 수 있는 STEM 프로그램의 개발 및 보급이 요구된다.

최근 들어 이러한 STEM 교육은 개인과 지역 사회, 공동체의 문제를 지역 또는 학교 내 메이커 스페이스에서 다양한 도구, 재료 및 기술을 활용하여 만들고 해결하는 과정을 통해 타인과 협력하고 공유의 경험을 제공하는 메이커 교육(Maker education)과 연계하여 적용되고 있다(Kim, 2019). 메이커 교육이 활발히 이루어지는 데에는 정보통신기술(IT)의 발달과 저렴한 메이커 도구와 장비로 인해 초보 단계의 기술을 갖고 있는 초보 메이커들도 다른 사람과의 협업을 통해 메이킹 활동을 전문가 수준으로 할 수 있고, 만들기 과정과 결과를 공유할 수 있기 때문이다. 이에 메이커 활동을 교과 과정에 통합하고자 하는 메이커 교육이 강화되고 있으며, 공교육 기관과 박물관, 미술관 같은 비형식 교육 기관에서도 다양한 형태로 실천되고 있다(Kang et al., 2017).

국내 메이커 교육 관련 연구는 도서관 무한창조공간의 개념 및 프로그램에 대한 연구(Ahn et al., 2014)를 시작으로 자유학기제(Yoon et al., 2019), 유아를 대상으로 하는 과학교육 분야(Joe & Lee, 2018; Lee & Joe, 2016), 대학 교육 분야(Kang et al., 2017; Kim, 2019; Ryu et al., 2018), 컴퓨터 교육 분야(Lee & Jang, 2017), 국어 교육 분야(Kim & Park, 2018), 화학 교육 분야(Lee & Hong, 2018), 발명 교육 분야(Byun, 2018; Ham et al., 2016), 기업가 정신 교육 분야(Kang et al., 2017; Yoon et al., 2017), 박물관 교육 분야(Lee, 2017), 도서관 교육 분야(Kang & Choi, 2017; Kim & Kwak, 2017) 등 다양한 분야에서 메이커 교육에 대한 연구가 개발되어 적용되고 있다.

메이커 교육과 관련된 연구는 2017년 이후 양적으로 급증하고 있으며, 특히 초등 및 중등 학생을 대상으로 한 프로그램 개발 및 적용, 효과성 검증 연구가 다수 수행되고 있다(Kim, 2019). 메이커 교육은 주로 기술 교과의 영역에서 연구가 수행되었는데(Baek & Kim, 2021; Ham et al., 2016; Kim, 2020; Park, 2021), 이들 선행 연구에서는 메이커 교육 기반의 융합형 교육이 학생들의 융합인재소양과 같은 정의적 영역의 효과성이 나타남을 보여주었다. 특히 Lee (2023)의 연구에서는 문학 영역을 중심으로 하는 메이커 교육을 수행하여 학생들의 융합인재소양과 공감 능력의 향상을 확인하였는데, 이는 다양한 교과목의 융합적 접근을 강조하는 STEM 교육이 메이커 교육을 적용한 보다 다양한 프로그램이 개발될 필요가 있음을 보여준 것이다.

이처럼 학교 현장에서 STEM과 메이커 교육은 더 활발히 적용되어 초중등 학교급에서부터 기초과학과 이 공계 분야에 보다 흥미를 가지고 진로를 선택할 수 있도록 태도 함양과 동기를 부여하는 것이 필요함을 보여주었다. 즉, 중학교 수준에서 메이커 교육에 기반한 STEM 프로그램 개발의 적용 및 효과의 검증에 대한 더욱 활발한 연구가 절실히 요구되고 있는 것이다. 따라서 이 연구에서는 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발하고 개발된 STEM 프로그램이 중학생의 학습 동기와 STEM에 대한 태도의 변화에 미치는 효과를 알아보고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 중학생을 대상으로 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발한다.

둘째, 개발된 STEM 프로그램이 학습 동기와 STEM에 대한 태도의 변화에 미치는 효과를 검증한다.

Materials and Methods

Development of Maker Education-based STEM Program

메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발하고 중학생을 대상으로 그 효과성을 확인하기 위해 첫 번째 단계에서는 우리나라 학교 교육 현장에 적용 가능하며 메이커 교육에 기반한 STEM 프로그램의 개발을 수행하였다. 프로그램의 개발을 위해 국내외 다양한 선행 연구 분석을 바탕으로 효과적인 수업 모형을 선정함과 함께, 중학생 수준에 적합한 프로그램 주제를 선정하였다. 선행 연구 분석을 바탕으로 선정된 ‘ADBA 모형 프레임워크’에 따라 프로그램 개발 초안을 구성하였고, 이를 전문가 자문을 통해 수정·보완을 실시하여 최종 완성하였다.

Review of Previous Studies and Content Selection in the STEM Program

메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 효과적으로 개발하기 위하여 국내에서 개발된 메이커 교육 자료, STEM 교육 자료, 프로그램, 모듈, 2015 교육과정 등을 대상으로 정성적인 사례 연구에서 많이 사용하고 있는 ‘내용 분석(Content analysis)’을 실시하였다(Merriam, 2009; Mills, 2000). 조사 분석된 결과를 활용하여 메이커 기반의 STEM 프로그램을 개발하고 연구 대상인 중학생에 적용할 수 있는 내용 요소와 주제를 선정하는데 기초적인 자료로 사용하였다. 또한 메이커 교육과 STEM 교육에 대한 학교 현장 및 교사 인식 정도를 학술 연구 정보서비스를 이용하여 조사하였다. 예를 들어, 메이커 교육에 대한 실태 조사에서 교사들은 수학, 과학, 기술·가정 교과에서 메이커 교육을 실행하는데 적합하다고 생각하였고, 교사와 학생들은 메이커 교육이 교과 및 창의적 체험활동에서 많이 활용되기를 희망하고 있었다(Kwon et al., 2019).

이 연구에서는 3D 설계 프로그램과 3D 프린팅을 활용할 수 있는 주제를 선정하여 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발하고자 하였다. 3D 프린터는 4차 산업혁명의 핵심기술로 인공지능, 로봇, 사물인터넷, 빅데이터와 함께 정보통신 기술의 5가지 핵심기술로 선정되었다(Schwab & Davis, 2018). 3D 프린터 시장은 제조업 시장에서 활용도가 높아 크게 성장하고 있고 이를 바탕으로 특히 의료, 예술, 디자인 분야에서 혁신적인 기술로서의 가능성을 인정받았으며 시장이 점차 발전하고 있다(Lee & Lee, 2016). 이로 인해 3D 프린터는 다양한 분야에 응용이 가능하고 미래 제조업 기술에서 핵심기술로 발전하고 있다. 또한 3D 프린터는 무한상상실이나 학교 내 메이커 스페이스에서 보편적으로 보유하고 있는 메이커 기기이기 때문에 학습자의 수준에 맞추어 적절한 메이커 수업을 전개해 나갈 것으로 기대된다.

Selecting a Model for the STEM Program Development

메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발하기 위해 기존의 STEM 교육 수업 모형인 Lee, Kwon, Park, & Oh (2014)의 ‘ADBA 모형’을 적용하였다. ADBA 모형은 분석(Analysis) - 설계(Design) - 제작(Build) - 평가(Assessment)의 4단계로 이루어져 있다. ADBA 모형은 공학적 설계 기반의 문제 해결 과정에 따라 과학, 기술/공학, 수학의 개념을 제시하였고, 국가 교육과정과의 관련성을 고려하도록 하였다. 각 단계는 수행 내용인 세부 요소로 나누어지며 ADBA 모형의 구조와 기대 효과는 Table 1과 같다.

Table 1. Key contents and expected effects of ADBA model (Lee & Lee, 2014; Lee et al., 2013; Ministry of Education, 2013)

Stage	Components	Contents	Effects
Analysis	Problematic situation	☐ Analysis of problems and problem situations	☐ Induce interest and learning needs
Design	Data collection, Idea development, Design	☐ Knowledge acquisition through inquiry and research activities	☐ Improve STEM-related problem resolution
		☐ An idea consultation	☐ Improve mutual consideration and communication skills
		☐ Design for Problem Solving	☐ Creative thinking for problem solving
Building	Making, Testing, Improvement of products	☐ Repeated making and testing ☐ Produce the final product with improvements	☐ Problem solving skills, comprehensive thinking enhancement
Assessment	Presentation, Assessment	☐ Presentation of Problem Solving Process ☐ Validate Results	☐ Increased language and social expression ☐ Increased self-efficacy through success experience

STEM Program Development and Validation

선행 연구 분석과 ‘ADBA 모형 프레임워크’에 따라 학생용 활동지와 교사용 지도 자료로 구성된 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발하였다. 2015 개정 교육과정에 포함되어 있는 원리와 개념과 연계하였고, 과학, 기술/공학, 수학 수업을 대체하거나 창의적 체험활동 시간에 활용할 수 있도록 개발하였다. 또한 문제 해결 과정에서 요구되는 과학, 수학적 개념의 기초적인 학습과 메이커 활동 기반의 탐구 과정에 초점을 두는 학교 내 메이커 스페이스(무한상상실) 활용 수업용으로 개발하였다. 프로그램의 주제는 ‘화폐 및 기념주화’로 선정하고 관련된 내용을 과학, 기술/공학, 수학, 예술 영역에서 탐구 방법을 적절히 반영될 수 있도록 구성하였다.

탐구, 조사, 실습, 공유, 평가 등의 활동 내용을 약술의 서답형으로 빈칸을 채워가는 워크북 형태의 학생 활동지와 함께 학생 활동지의 예시 답안과 우리 실생활에서 사용하는 화폐와 기념주화와 관련된 내용을 중학생들이 흥미와 관심을 가질 수 있는 다양한 읽기 자료와 동기 유발 자료 포함하는 교사용 지도자료를 함께 구성하였다. 특히 3D 설계 프로그램을 활용한 설계 방법과 3D 프린팅 과정, 후가공 과정 등의 방법과 과정을 포함하여 3D 설계 제작에 익숙하지 않은 교사 및 학생도 쉽게 접근할 수 있도록 구성하였다. 개발된 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 연구 대상에게 투입하기에 앞서 STEM 분야 교과교육학 및 기술/공학 관련 전문가로부터 프로그램 내용, 구성, 용어, 난이도 등 내용 타당도 검증과 프로그램에 대한 자문을 받았고, 특히 개발 과정에서 강조하였던 STEM 태도와 같은 정의적인 영역 및 학습 동기에 효과적인 프로그램이 될 수 있도록 수정·보완을 실시하였다.

전문가의 수정 의견으로 ‘협력 또는 의견을 나눈 후 기록하는 부분을 차시별로 추가하여 학생들의 상호작용을 독려할 필요가 있음’이 지적되었는데, 프로그램 전반에서 컴퓨터를 활용한 활동이 주를 이루고 있기 때문에, 동료 학습자 사이의 상호작용을 강화하기 위해 의도적으로 차시별 모듈활동 의견을 작성하도록 수정을 진행하였다. 이를 통해 학생들 스스로 학습 활동을 되돌아볼 수 있는 기회를 제공하여 태도, 동기 등 자신의 정의적 영역을 고찰할 수 있도록 하였다. 추가적으로 ‘3D 프린팅 산출물을 활용한 수업의 경우 충분한 시간이 확보되어야 모든 학생들의 산출물을 인쇄해낼 수 있기 때문에 차시 구성 및 시간 배분에 조절이 필요’하다는 의견과 관련하여, 스스로 디자인한 산출물을 모든 학생들이 받아볼 수 있도록 거꾸로 학습(Flipped learning)을 비롯한 온라인 학습을 포함할 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 학생들은 자기주도적 학습을 수행하게 되었으며, 학업성취도를 비롯한 다양한 영역에 영향을 미치는 학습 동기의 측면에서도 효과적인 프로그램이 될 수 있도록 수정·보완을 진행하여 최종 완성하였다.

Application and Effect Analysis of Maker Education-based STEM Program

이 연구에서는 최종 개발된 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램의 효과성을 검증하기 위하여 중학생을 대상으로 투입하여 학습 동기 및 STEM에 대한 태도 변화를 바탕으로 프로그램의 효과성을 확인하고자 하였다. 이를 위해 연구자가 속한 중학교의 금요일 오후 정규 동아리 시간을 활용하여 프로그램을 직접 투입하였으며, 사전 검사와 사후 검사는 프로그램 적용 전·후 1주일 이내에 실시하여 프로그램의 효과성을 확인하였다.

Subject

이 연구에서 개발된 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램은 광역시 소재 D중학교 2학년 학생 50명을 대상으로 적용하였다. 프로그램을 적용한 D중학교의 경우 남학생들로만 구성된 사립 남자 중학교로, 프로그램의 주제 및 목적에 대해 충분히 설명하여 학생들의 선택에 따라 동아리를 구성하였다. 모든 학생들은 연구참여에 동의하여 자발적으로 프로그램에 참여하였으나, 전후 온라인 설문에서 문항 응답을 누락하거나, 목중 경향을 보인 학생 4명을 제외하여 최종 연구 대상은 46명으로 결정하였다.

Research Instrument

메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 경험한 학생들의 학습 동기의 변화를 확인하기 위해 Kim (1993)이 개발한 학습 동기 검사 도구를 활용하였는데, 다양한 학습 동기 연구에서 활용되어 그 타당성이 확인되었다(Park & Choi, 2017; Yang et al., 2020). 이 연구에서는 학습 동기 검사 도구의 4개 하위 영역 중 내재적 동기와 수업 동기 영역에 대한 11개 문항을 STEM 프로그램에 맞게 문항을 수정·보완한 후 검사를 실시하였다. 문항은 5점 리커트 척도로 구성되어 있으며, 신뢰도를 확인한 결과 모든 요인에서 0.7 이상으로 확인되었다(Table 2).

Table 2. Organization and reliability of the learning motivation scale

Factors	Items	Cronbach's α	
		pre-	post-
Intrinsic motivation	1, 2, 3, 4, 5	0.91	0.87
Learning motivation	1, 2, 3, 4, 5, 6	0.93	0.94

아울러 프로그램의 효과성 검증을 위하여 STEM(과학, 기술, 공학, 수학)에 대한 태도 검사도구는 Mahoney (2010)의 연구를 재구성한 Lee et al. (2013) 연구에서 사용한 STEM(과학, 기술, 공학, 수학)에 대한 태도 검사 도구를 수정하여 적용하였다. 이 도구는 각 교과에 대한 ‘인식’, ‘능력’, ‘가치’, ‘흥미에 대한 지속성’의 하위 요인으로 구성되어 있으며, 각 하위 요인들은 6개의 문항으로 구성되어 있다. 이 연구에서는 우리나라 교육과정 구성과 학생들의 인식을 고려하여 기술과 공학을 하나의 교과로 합쳐 ‘과학’, ‘기술/공학’, ‘수학’의 3개 교과로 구성하여 검사를 실시하였다. 각 문항은 4단계 리커트 척도로 구성되어 있으며 각 교과별 총 24문항으로 구성되어 있다. STEM에 대한 태도 검사도구 신뢰도 분석 결과 대부분의 항목에서 0.7 보다 높은 것이 확인되었고 가장 낮은 요인 신뢰도도 0.69로 수용할 수 있는 범위로 확인되었다(Table 3).

Table 3. Organization and reliability of the student attitude toward STEM

Factors	Items	Cronbach's α					
		Science		Technology/ Engineering		Mathematics	
		pre-	post-	pre-	post-	pre-	post-
Awareness	1, 2, 3, 4*, 5, 6	0.92	0.90	0.93	0.91	0.91	0.93
Ability	7*, 8, 9, 10*, 11, 12*	0.93	0.84	0.85	0.83	0.86	0.84
Value	13, 14, 15*, 16, 17, 18*	0.88	0.90	0.90	0.91	0.72	0.90
Commitment (Interest maintenance)	19, 20*, 21, 22, 23, 24	0.90	0.72	0.76	0.76	0.74	0.69

* Reverse question

Data Analysis

메이커 교육 기반의 STEM 프로그램의 효과를 측정하기 위한 수업 사전 및 사후 설문을 진행하였다. 수집된 자료는 데이터 전처리 과정을 거친 후 수업을 듣기 전과 후의 유의미한 차이가 있는지 분석하기 위해 단일 집단 사전·사후 대응표본 t-검증(paired samples t-test)을 이용하여 프로그램의 효과성을 검증하였다. 전체적인 통계 자료의 분석을 위해 IBM SPSS Statistics ver 25를 활용하였다.

Results and Discussion

Development of Maker Education-based STEM Program

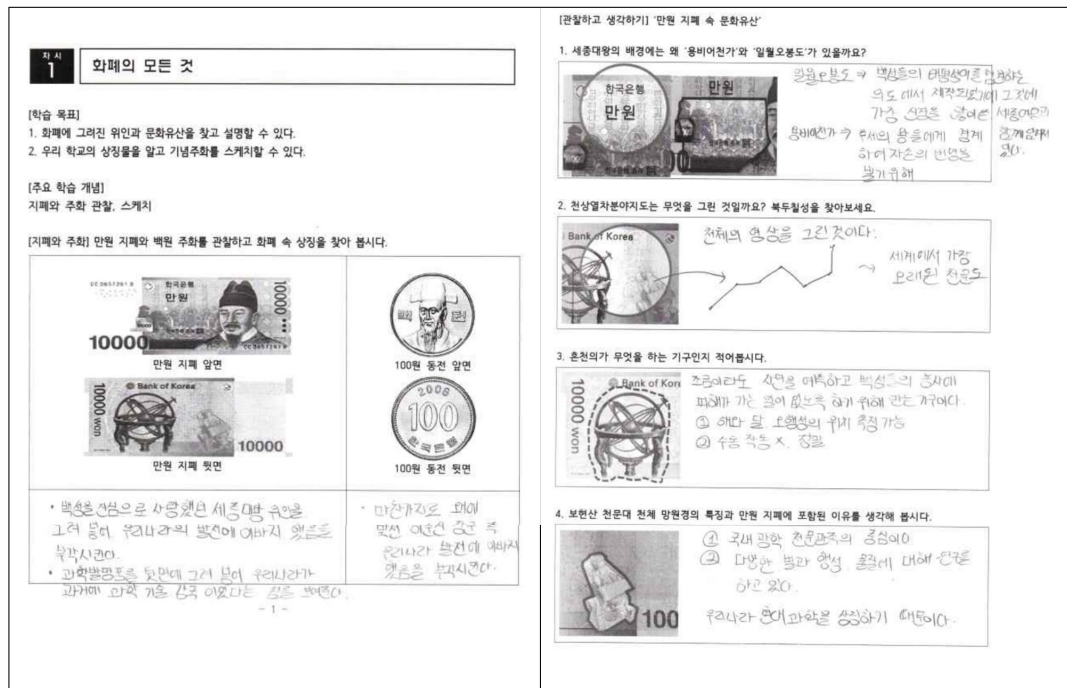
학교 기념주화 제작 공모전이라는 주제로 한 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램은 총 4차시 분량의 수업 내용과 학생 중심의 융합 활동으로 구성하였다. 메이커 교육의 대표적인 도구인 3D 모델링 및 3D 프린팅 기술을 직접 경험하고 활용할 수 있는 프로그램으로 학교 내 메이커 스페이스에서 활용 가능하도록 구성하였다. 학생들이 흥미를 가질 수 있는 주제와 활동내용을 선정하여 학생들이 관련교과에 대한 인식을 개선하고, 지식 및 기술에 대한 가치와 필요성을 인식할 수 있도록 강조하였다.

특히 프로그램의 차시 구성에는 ADBA 모형에 각 내용 요소를 고려하였으며 과학, 기술, 공학, 수학 교과와 요소 외에도 미술적 요소가 잘 융합되도록 고려하였다. 또한 ADBA 모형을 적용한 STEM 프로그램의 전반적인 운영은 최종 산출물의 공모전을 운영하는 것을 중심으로 구성하였다. 학생들 스스로 주제에 흥미를 느끼고 참여하여 자기주도적 학습을 진행할 수 있는 상황을 제시하였기 때문에 학생들의 학습 동기에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대하였다. 구체적인 차시 구성은 Table 4와 같다.

Table 4. Contents and STEM components in the maker education-based STEM program

Classes	Activity Contents	STEM Elements
Analysis	1 <All About Money> - Finding symbols in bills and coins - Cultural Heritage in a 10,000 won bill - Understanding and Investigating Commemorative Coins - A survey of the symbols of my school - Let's promote my school's strengths.	Science
Design	2 <Challenge the Commemorative Coin Contest> - A Guide to the School Commemorative Coin Production Contest - Commemorative Coin Design - 3D CAD Program Utilization Modeling	Technology/Engineering, Mathematics
Building	3 <Creating and evaluating commemorative coins in 3D> - Print to 3D Printer - Correcting and Supplementing Outputs - Process after outputting final output	Technology/Engineering, Mathematics
Assessment	4 <Presentation and assessment commemorative coins> - Presentation of activity results - Peer review - Writing a reflection journal and self-assessment	Science, Technology/Engineering, Mathematics

1차시는 ‘화폐의 모든 것’이라는 주제로 화폐 속의 위인과 역사적 상징물의 의미와 화폐 속 문화재의 과학적 원리에 대해 탐구하도록 구성하였다. 또한 기념주화의 의미와 가치에 대해 생각해보는 시간을 갖도록 하였고, 우리 학교의 상징과 자랑할 점을 조사하여 다음 차시의 우리학교 기념주화 공모전과 자연스럽게 연계되도록 개발하였다. 학생들이 적극적으로 참여할 수 있는 상황을 제시하여 학습 동기를 강화하는 한편, 개별 조사 및 탐구 활동, 모둠원 간 협력 활동을 포함하는 수업 활동을 통해 학생들이 자기주도적으로 수업에 참여할 수 있도록 하였다. 차시의 운영은 학생 활동 정도에 따라서 2차시로 확대 운영도 가능하도록 설계하였다(Fig. 1).

**Fig. 1.** Example of student's worksheet in the first class

2차시는 ‘기념주화 공모전 도전하기’로 학교 행사 활동과 연계하여 우리학교 기념주화를 설계하고 제작하는 활동으로 구성하였다. 학습 과제를 공모전 형태로 제시하여 학생들의 관심과 흥미를 유도하고, 앞 차시의 학교 상징 및 특징과 연계하여 우리 학교의 기념주화를 스케치로 구체화한다. 또한 3D 설계 프로그램인 킨커캐드(<https://www.tinkercad.com>)의 사용방법을 익히고 기념주화를 입체적으로 설계하는 과정에서 기술/공학, 수학적 개념과 원리를 이해하도록 안내하였다. 이러한 과정에서 관련 교과의 지식과 다양한 기술들을 접하게 되어 그 가치나 인식의 개선이 이루어질 수 있도록 구성하였다. 기념주화의 3D 설계 결과물과 의미에 대해 모둠원과 수업에 참가하는 학생들에게 상호 공유하고 피드백 하였으며, 정리 활동에서 킨커캐드를 활용하여 설계했던 과정을 기록하여 3D 설계 프로그램의 활용도와 숙련도를 높일 수 있다(Fig. 2).

[기념주화 디자인] 조사한 내용을 바탕으로 '우리 학교의 기념주화'를 스케치해 봅시다.

	스케치(핵심 내용 중심) <이미지, 상징물, 색상(mm) 등>	설 명
앞면		대한학교의 학교마스코트인 100년을 맞아 100주년을 뜻하는 숫자 100, 그리고 어린 아들은 한걸음 내딛는다.
뒷면		대한중이 100주년을 맞이했음을 축하하는 글과 포크, 그리고 어린중의 교화인 목련이 있는 모습이다.

[기념주화 모델링하기] Tinkercad 사이트(www.tinkercad.com)를 이용해서 주화를 만들기 위해 어떤 작업을 하였는지 단계별로 상세히 적어봅시다.

(1) 주화 디자인을 스케치한다.	(2) 주화 디자인을 스케치한다.	(3) 주화 디자인을 스케치한다.	(4) 주화 디자인을 스케치한다.
(5) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(6) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(7) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(8) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.
(9) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(10) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(11) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(12) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.

[기념주화 디자인] 조사한 내용을 바탕으로 '우리 학교의 기념주화'를 스케치해 봅시다.

	스케치(핵심 내용 중심) <이미지, 상징물, 색상(mm) 등>	설 명
앞면		대한중이 100주년을 맞아 100주년을 뜻하는 숫자 100, 그리고 어린 아들은 한걸음 내딛는다.
뒷면		대한중이 100주년을 맞아 100주년을 뜻하는 숫자 100, 그리고 어린 아들은 한걸음 내딛는다.

[기념주화 모델링하기] Tinkercad 사이트(www.tinkercad.com)를 이용해서 주화를 만들기 위해 어떤 작업을 하였는지 단계별로 상세히 적어봅시다.

(1) 주화 디자인을 스케치한다.	(2) 주화 디자인을 스케치한다.	(3) 주화 디자인을 스케치한다.	(4) 주화 디자인을 스케치한다.
(5) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(6) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(7) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(8) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.
(9) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(10) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(11) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.	(12) Tinkercad에서 주화 디자인을 스케치한다.




Fig. 2. Example of student's worksheet in the 2nd class

28

Fig. 3. Example of student's worksheet in the 3rd class



Fig. 4. Examples of 3D printer utilization learning activities

Effect Analysis of Maker Education-based on STEM Program

The Effect of the STEM Program on Middle School Students' Learning Motivation

STEM 프로그램이 중학생들의 STEM에 대한 태도에 미치는 영향을 확인한 결과는 Table 5와 같다. 내재적 동기는 사전 검사 평균 3.38 ($SD = .99$)에서 사후 평균 3.63 ($SD = .88$)으로 상승한 것을 확인할 수 있었으며, 수업 동기는 사전 검사 평균 3.37 ($SD = 1.02$)에서 사후 평균 3.64 ($SD = .91$)로 상승하였다. 두 요인 모두 95% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 상승이 확인되어 프로그램의 효과성이 확인되었다.

Table 5. Effect of the STEM program on learning motivation

	N	pre-		post-		<i>t</i>	<i>p</i>
		M	SD	M	SD		
Intrinsic motivation	46	3.38	.99	3.63	.88	-2.288	.027*
Learning motivation	46	3.37	1.02	3.64	.91	-2.593	.013*

* $p < .05$

Effect of the STEM Program on Students' Attitude toward STEM

Mahony (2009)에 의하면 인식은 초기 학생들의 관심을 평가하기 위한 영역이며, STEM 교육 프로그램의 각 교과에 대한 인식의 효과를 살펴보기 위해 대응 표본 *t*-검증을 실시한 결과는 Table 6과 같다. 과학의 경우 사전 검사 평균 2.83 ($SD = .76$)에서 사후 평균 2.93 ($SD = .71$)로 증가한 것을 확인할 수 있었으나 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 그러나 기술/공학 및 수학에서는 통계적으로 유의미한 상승을 확인할 수 있었는데, 기술/공학의 경우 사전 검사 평균 2.58 ($SD = .88$)에서 사후 평균 2.78 ($SD = .81$)로 증가하였고, 수학의 경우 사전 검사 평균 2.53 ($SD = .85$)에서 사후 평균 2.73 ($SD = .87$)로 증가한 것을 확인할 수 있었다.

Table 6. Program effect about the awareness factor in students' attitude toward STEM

Awareness	N	pre-		post-		<i>t</i>	<i>p</i>
		M	SD	M	SD		
Science	46	2.83	.76	2.93	.71	-1.509	.138
Technology/Engineering	46	2.58	.88	2.78	.81	-2.282	.027*
Mathematics	46	2.53	.85	2.73	.87	-2.546	.014*

* $p < .05$

STEM에 대한 태도에서 능력은 학생 자신의 역량을 인식하는 항목으로(Mahony, 2009) STEM 교육 프로그램의 각 교과에 대한 능력의 효과를 살펴본 결과는 Table 7과 같다. 대부분의 항목에서 평균의 증가는 나타나지 않았다.

Table 7. Program effect about the perceived ability factor in students' attitude toward STEM

Ability	N	pre-		post-		<i>t</i>	<i>p</i>
		M	SD	M	SD		
Science	46	2.80	.60	2.81	.57	-0.109	.914
Technology/Engineering	46	2.67	.64	2.69	.61	-0.286	.776
Mathematics	46	2.61	.64	2.63	.67	-0.223	.824

Mahony (2009)에 의하면 가치는 학생들이 STEM에 대해 가치 있는 것을 인지하는 여부를 측정하는 항목으로 프로그램의 효과를 확인한 결과는 Table 8과 같다. 과학의 경우 사전 검사 평균 3.22 (SD = .67)에서 사후 평균 3.16 (SD = .67)으로 오히려 감소한 것을 확인할 수 있었으나 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 기술/공학의 경우 사전 검사 평균 2.98 (SD = .79)에서 사후 평균 3.06 (SD = .73)으로 증가한 것을 확인할 수 있었으나 역시 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 수학의 경우 평균의 차이가 나타나지 않았다.

Table 8. Program effect about the value factor in students' attitude toward STEM

Value	N	pre-		post-		<i>t</i>	<i>p</i>
		M	SD	M	SD		
Science	46	3.22	.67	3.16	.67	1.231	.225
Technology/Engineering	46	2.98	.79	3.06	.73	-1.069	.291
Mathematics	46	3.16	.74	3.17	.74	-0.219	.827

STEM에 대한 태도에서 흥미의 지속은 인식, 능력, 가치를 토대로 각 영역의 지속적인 관심을 나타내는 항목이다. STEM 교육 프로그램의 각 교과에 대한 흥미의 효과를 살펴본 결과는 Table 9와 같다. 과학의 경우 사전 검사 평균 2.65 (SD = .58)에서 사후 평균 2.71 (SD = .59)로 평균이 상승한 것을 확인할 수 있었으나 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다. 기술/공학 사전 검사 평균 2.58 (SD = .68)에서 사후 평균 2.68 (SD = .61)로 상승하였는데, 유의수준 95%에서 통계적으로 유의미한 차이로 확인되었다. 수학의 경우 사전 검사 평균 2.52 (SD = .61)에서 사후 평균 2.68 (SD = .62)로 상승하였고 이 역시 유의수준 99%에서 통계적으로 유의미한 차이임이 확인되었다.

Table 9. Program effect about the interest maintenance factor in students' attitude toward STEM

Interest maintenance	N	pre-		post-		<i>t</i>	<i>p</i>
		M	SD	M	SD		
Science	46	2.65	.58	2.71	.59	-1.101	.277
Technology/Engineering	46	2.58	.68	2.68	.61	-2.090	.042*
Mathematics	46	2.52	.61	2.68	.62	-2.891	.006**

* $p < .05$, ** $p < .01$

Conclusions and Implications

Conclusions

이 연구는 미래 지능 정보 사회에서 학생들의 과학 기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 융합적 사고력과 실생활 문제 해결력을 배양하기 위해 교육부에서 추진하고 있는 융합 교육의 일환으로 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발하고 이를 적용하여 중학생의 학습 동기와 STEM에 대한 태도에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 통해 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램이 주는 교육적 시사점을 알아보고자 하였다. 이 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 개발하였다. 미래 역량과 융합적 사고 역량에 도움을 주고, 학교 내 메이커 스페이스에서 활용이 가능하도록 프로그램을 구성한 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 ADBA 모형에 맞추어 총 4차시로 구성하였다. Lindberg et al. (2020)의 연구에서는 메이커 교육에 대해 학생들이 직접 다양한 기술을 사용할 수 있도록 하는 것이 중요하며, 이를 통해 학생들의 관련 역량 강화에 긍정적임을 제안하였다. 이 연구에서 개발된 프로그램은 학교 기념주화 제작 공모전이라는 주제로 학교 행사와 연계하여 학생들의 관심과 흥미를 높이도록 하였고, 화폐 속 문화재에 대해 조사하고 과학적 원리를 탐구하도록 하여 학생들이 메이커 활동에 적극적으로 참여할 수 있도록 안내하였다. 학생들은 3D 설계 프로그램을 활용한 설계-제작-공유-평가의 과정을 거치며 과학, 기술/공학, 수학적 개념과 원리를 이해하게 된다. 또한 만들기-공유하기-개선하기의 순환 반복을 통해 자신의 아이디어와 결과물을 정교하게 하는 메이커 교육의 전 과정을 경험하도록 하였다. 각 차시의 프로그램은 조금씩 차이는 있으나 기본적으로 메이커 교육에 기반하여 개발하였다.

둘째, 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 중학생을 대상으로 적용한 결과 학습 동기의 측면에서 효과적인 것으로 확인되었다. 학습 동기의 하위 요인인 내재적 동기와 수업 동기 모두 유의미한 향상을 확인할 수 있었다. 학생들은 실생활과 연관된 화폐와 기념주화를 활용한 탐구 활동과 평소 접하지 않았던 3D 설계, 3D 프린팅, 후가공 등의 메이커 활동을 통해 평소보다 학습 목표와 전략을 통한 문제 해결 활동에 집중한 것으로 해석되며, 이는 Keller (2010)의 '목적 지향성 전략'을 통해 학습 동기가 효과적으로 유발되었다고 볼 수 있다. 또한 만들기-공유-개선을 통해 학생 개인 스스로 결과물에 대하여 평가하고 스스로 결과물을 개선해나감을 통해 결과물의 완성도가 높아지는 과정을 경험하였는데, 이는 Reigeluth (2009)에서 제시한 학습자의 학습 과정에서 통제 권한을 부여하고 이를 통해 학습 동기가 촉진될 수 있음을 잘 보여주었다. 특히 최근 수행된 Dökme et al. (2022)의 STEM 교육 연구에서는 학생들의 진로 목표와 진학에 학습 동기가 깊은 관련성을 띠기 때문에, 교육현장에서 더욱 활발하게 STEM 수업 적용이 이루어져야 함을 제안하였고, Akpınar & Yalçın (2021)의 연구에서도 역시 STEM 교육을 통해 학생들의 동기 영역에 효과적임을 보여주었다. Kim et al. (2011)의 STEM 교육 연구를 비롯한 다양한 융합 교육 선행 연구에서도 학생들의 학습 동기가 효과적으로 향상되었음을 고려할 때 (Kang & Kang, 2020; Song et al., 2018), 학생들의 학습 동기 강화를 위한 교수·학습 방법으로 융합형 교육의 적극적인 활용이 필요할 것이다.

셋째, 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램은 중학생을 대상으로 적용한 결과 STEM에 대한 태도 측면에서 효과적인 것으로 확인되었다. STEM에 대한 태도에서 인식 하위 요인과 흥미 하위 요인의 기술/공학 교과, 수학 교과에서 유의미한 향상을 확인할 수 있었다. 이는 개발된 STEM 프로그램이 3D 설계와 제작, 디자인 챌린지와 같은 메이커 활동 중심으로 구성되어 있어 있었기 때문에 관련된 교과인 기술/공학의 인식과 흥미의 변화가 이루어졌으며, 3D 도형의 설계, 제작 과정에서 수학에 대한 인식과 흥미에도 긍정적인 영향을 준 것으로 분석되었다. 이는 STEM에서 강조하는 기술/공학의 측면이 반영된 다른 선행 연구에서도 동일하게 확

인된 부분으로 (Hong et al., 2020; Kim & Sim, 2022; Lee et al., 2022; Lee et al., 2014), 국내 교육현장에서 상대적으로 덜 강조되고 있는 기술/공학 영역의 학생 인식 개선에 STEM 교육이 효과적임을 확인할 수 있었다. 특히 수학 영역의 경우 프로그램 개발 및 적용 과정에서 의도적으로 강조하고 학습 내용을 구성한 것은 아니지만, 학생들이 직접 3D 설계와 제작을 수행하는 과정에서 실패를 통한 재설계를 진행하는 사례를 확인할 수 있었고 이때, 수학과 관련된 다양한 내용들의 필요성을 느끼고 그 중요성에 대해 인식하게 된 부분이 확인되었다. 이는 Lee & Lee (2014)의 연구 결과에서도 동일하게 확인된 부분으로 주제중심의 융합형 교육인 STEM/STEAM 프로그램의 효과성이 잘 나타났으며, 이는 Lane et al. (2022)의 STEM 태도의 연구에서 남학생의 경우 수학 영역에서 그 효과성이 크게 나타나는 것을 보여주었다. Mahoney (2010)는 각 교과에 대한 인식을 통하여 자신감, 확신, 자기 믿음, 가능성의 능력이 향상되고, 이를 바탕으로 유용성, 확신, 쓸모, 중요성의 가치를 지니게 되며, 인식, 능력, 가치를 통하여 결정, 잠재 가능성, 전망, 목적 등의 흥미를 가지게 된다고 보았다. 수업에 참여한 학생들의 경우 일반 학교 수업에 비해 메이커 활동이 포함된 STEM 수업에서 자신이 스스로 학습한 내용을 자기주도적으로 적용할 수 있는 기회를 가진 것에 흥미를 보였으며, 공모전과 같은 대회 형식을 통한 수업으로 학생 스스로 적극적인 참여 의지를 보이는 것이 확인되었다. 이를 통하여 기술/공학, 수학의 인식 개선을 바탕으로 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램을 통하여 기술/공학, 수학에 대한 흥미가 향상된 것으로 알 수 있다.

다만 과학 영역의 경우 모든 요인에서 통계적으로 유의미한 증가는 확인되지 않았고, 통계적으로 유의미하지는 않았으나 가치 하위 요인에서는 사후 검사 점수가 더 낮게 나타나는 것도 확인할 수 있었다. 다른 하위 요인에 비해 과학 하위 요인의 점수가 대부분 더 높게 확인된 것을 볼 때, 학생들이 과학 교과목에 대한 태도가 다른 영역에 비해 더 높았으며, 프로그램을 수행하는 과정에서 다른 교과목의 중요성을 더 인식하는 것으로 추정할 수 있다. Yoo et al. (2011)의 과학 영재 학생을 대상으로 수행한 연구에서도 과학 프로그램을 통해 과학적 태도에서 통계적으로 유의미한 증가를 확인할 수 없었는데 이에 대해 ‘천장 효과(ceiling effect)’의 영향으로 분석하였다. 한편 해당 프로그램을 통해 학생들은 직접 화폐를 디자인하고 제작하는 활동을 수행하였는데, 배경지식에 해당하는 1차시 과학내용의 경우 이러한 실제 메이커 활동에 적극적인 반영이 이루어지기 어려운 것도 확인되었다. 화폐에 포함된 한국의 과학기술과 같은 일부 간접적인 과학 내용들은 기초 학습과정 이후 실제 메이커 활동에서는 학생들이 크게 고려하지 않은 것이 확인되기도 하였다. 비록 과학 영역을 중점으로 개발된 프로그램이 아니긴 하나, STEM 전 영역에서 학생들의 인식 향상을 위해 ‘위조 지폐 감별을 위한 과학기술’, ‘화폐에 포함된 과학 원리’, ‘3D 프린팅 기술의 과학’ 등과 같은 과학적 내용을 프로그램 구성에 포함하여 운영할 필요가 있을 것이다. 이를 통해 학생들의 과학 영역의 태도에 긍정적인 영향을 이끌어낼 수 있을 것이며, 태도와 진로의 깊은 관련성을 고려할 때(McDonough et al., 2021) 과학에 대한 올바른 진로 인식을 갖출 수 있게 될 것이다.

Implications

연구 결과와 결론을 바탕으로 후속 연구에 대한 제언은 다음과 같다.

첫째, 중학생을 대상으로 연구를 진행하고 적용하여 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램이 기술/공학, 수학에 대한 인식과 흥미의 향상, 그리고 내재적 동기와 수업 동기와 같은 학습 동기의 향상에 긍정적인 영향을 준 것으로 확인할 수 있었다. 따라서 과학을 포함한 보다 다양한 교과목의 융합이 이루어진 프로그램의 개발이 수행되어야 할 것이며, 이를 보다 많은 학생들에게 적용하여 STEM 프로그램의 현장 적용에 대한 일반화가 필요할 것이다.

둘째, 이 연구는 학교 내 메이커 스페이스(무한상상실)가 구축된 중학교의 학생을 대상으로 메이커 교육 기반의 프로그램을 적용하고 효과를 검증하였다. 학교 내 메이커 스페이스의 경우 3D 프린터나 레이저 절단기와 같은 고가의 장비가 구축되어 이를 활용한 메이커 교육이 수행되었다. 그러나 일반 학교의 경우 이러한 장비가 준비되지 않을 수 있어 가격이 저렴하고 비교적 간단하게 사용할 수 있는 메이커 도구를 활용한 보다 다양한 메이커 교육 기반의 STEM 프로그램의 개발과 적용이 요구될 것이다.

셋째, 개발된 메이커 스페이스 활용 교육 프로그램은 학생들의 기술/공학의 태도에 있어 효과적임을 확인하였다. Lee & Nam (2021)의 연구에서는 메이커 활동을 경험한 교사들의 경우 ‘메이커 마인드셋(maker mindset)’ 즉 메이커 교육 경험에 대한 긍정적 태도를 함양할 수 있다고 보고하며 이러한 교사들의 긍정적인 변화는 보다 많은 학생들을 대상으로 교육적 확산이 이루어질 수 있음을 보여주었다. 따라서 메이커 스페이스 활용 교육 프로그램을 단순히 학생들에게 적용하는 것을 넘어서, 보다 다양한 전공영역의 교사들에게 전파하여 교사 전문성 신장과 함께 기술/공학에 대한 긍정적인 태도를 가질 수 있도록 지원해야 할 것이다. 이를 통해 학생들에게 디지털 기기 및 소프트웨어 활용 능력, 창의적 문제 해결력, 디자인 사고 등과 같은 보다 실질적인 관련 역량을 교육할 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgements

This article is a condensed form of the first author's master's thesis from Kyungpook National University.

References

- Ahn, I., Choi, S. K., & Noh, Y. (2014). A study on establishing creative zones and creative zone programming. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 31, 143-171.
- Akpınar, D., & Yalçın, S. A. (2021). Exploring the effect of STEM education on the motivations and epistemological beliefs related to science among talented and gifted students. *Open Journal for Educational Research*, 5, 317-332.
- Baek, R., & Kim, J. (2021). Development and application of Steam program based on middle school makerspace applying ‘experiment and workshop’ model. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 21, 279-296.
- Byun, M. K. (2018). Analysis of perception about maker education by invention class students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38, 1-9.
- Chang, H. (2021). The longitudinal structural relationship of learner-centered education, intrinsic-extrinsic regulation motivation, and career maturity. *Educational Research*, 81, 183-207.
- Dökme, İ., Açıksöz, A., & Ünlü, Z. K. (2022). Investigation of STEM fields motivation among female students in science education colleges. *International Journal of STEM Education*, 9, 8.
- Ham, H.-I., Kim, K.-Y., & Kim, K.-S. (2016). Analysis of the effects of 3c-maker invention education program on middle school STEAM literacy. *Journal of Korean Practical Arts Education Research*, 22, 103-119.
- Hong, N.-I., Lee, K.-T., & Choi, H. (2020). Development and application of science and technology convergence general education program based on PBL for pre-service teacher. *Brain, Digital, & Learning*, 10, 431-442.
- Joe, G. M., & Lee, Y. S. (2018). The development and effects of an early childhood science education program based on maker education. *Korean Journal of Early Childhood Education*, 38, 341-366.

- Kang, I., & Choi, S. K. (2017). Maker mindsets experienced through the maker activity in library: Focusing on social relationships among makers. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17, 407-430.
- Kang, I. A., Kim, Y. S., & Yoon, H. J. (2017). Fostering entrepreneurship by maker education: A case study in an higher education. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8, 253-264.
- Kang, I. A., Yoon, H. J., & Hwang, J. (2017). *Maker Education: Constructivism in the Era of the Fourth Industrial Revolution*. Seoul: Naeha Publishing House.
- Kang, J. W., & Nam, Y. (2017). The impact of engineering design based STEM research experience on gifted students' creative engineering problem solving propensity and attitudes toward engineering. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37, 719-730.
- Kang, M., Kim, Y., Lim, H., & Yoo, Y. R. (2014). Investigating the structural relationship among science experience, learning motivation, achievement and career orientation of high school students. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 18, 99-115.
- Kang, S. Y., & Kang, K. H. (2020). The effect of a peer tutoring based STEAM program on peer tutors and peer tutees' STEAM literacy and learning motivation. *Journal of Education & Culture*, 26, 157-177.
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. New York: Springer.
- Kim, B. Y., & Kwak, S. J. (2017). A study on the introduction of makerspace at academic library. *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 48, 259-276.
- Kim, D. (2017). The effects of STS science class linked with vocation on science knowledge, career attitude and science education attitudes of college students with developmental disabilities. *Journal of Special Education for Curriculum and Instruction*, 10, 199-219.
- Kim, D. (2022). The impact of maker education program on the convergence literacy -Focusing on the energy and transportation technology unit-. *The Journal of Educational Development*, 40, 35-52.
- Kim, G., & Park, J. (2018). Korean class using storytelling based 3d pen (paper presentation). Winter Conference 2018 The Korean Association of information Education, 9, 111-115.
- Kim, J. H. (2019). Exploring of the maker education in graduate school. *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 9, 1-10.
- Kim, M. J., Woo, S. H., & Kim, J. (2011). Development of instruction material for STEM education in the unit of making moving objects of technology • home subject. *The Korean Journal of Technology Education*, 11, 140-158.
- Kim, S., & Sim, J. (2022). The application and efficacy of using software in a STEM education program on students' stem attitude, creative engineering problem-solving ability and the concept of 'ecosystem equilibrium. *Teacher Education Research*, 61, 455-472.
- Kim, S. B. (2019). Clothing makerspace construction for home economics education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19, 1279-1309.
- Kim, Y. R. (1993). *An Analysis on the Influences of Contribution Variables toward Academic Achievement* (Unpublished Doctoral Dissertation). Dong-Guk University, Seoul, Republic of Korea.
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (2019). *2019 World Economic Forum The Global Competitiveness Report -Focusing on the science and technology sector-*. Seoul: Author.
- Kwon, H., & Lee, H. (2008). Motivation issues in the science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A meta-analytic approach. *Secondary Education Research*, 56, 125-148.
- Kwon, Y., Park, Y., Jang, G., Lee, Y., Lim, Y., Lee, E., & Park, S. (2019). *Exploring the Way to Using Maker Education in School* (RRI 2019-6). Jincheon: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Lane, C., Kaya-Capocci, S., Kelly, R., O'Connell, T., & Goos, M. (2022). Fascinating or dull? Female students' attitudes towards STEM subjects and careers. *Frontiers in Education*, 13, 959972.

- Lee, C. Y., & Hong, H. G. (2018). A case study of chemistry inquiry R&E program based on maker activity. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18, 131-154.
- Lee, H. (2011). A study on STEM education in the united states for the implementation of STEAM education. *Science & Creativity*, 161, 8-11.
- Lee, H. (2017). A study on maker pedagogy in the museum in the era of the 4th industrial revolution. *Korean Journal of Culture and Arts Education Studies*, 12, 83-100.
- Lee, H., Kwon, D., Jeon, J., & Lee, H. (2022). Effect analysis on attitudes towards STEM and career perception according to the development and application of STEM thinking classroom program to improve math and science competency of secondary school students. *Teacher Education Research*, 61, 231-246.
- Lee, H., Kwon, H., Park, K., & Oh, H.-J. (2014). Development and application of integrative STEM (science, technology, engineering and mathematics) education model based on scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34, 63-78.
- Lee, H., Park, K. S., Kwon, H. S., & Seo, B. (2013). Development and implementation of engineering design and scientific inquiry-based STEM education program. *Korean Journal of Teacher Education*, 29, 301-326.
- Lee, J., & Jang, J. (2017). Development of maker education program based on software coding for the science gifted. *Journal of Gifted/Talented Education*, 27, 331-348.
- Lee, S. (2023). The effects of maker education on prospective early childhood teacher's STEAM literacy indexes and empathic ability. *The Review of Social Science*, 8, 129-149.
- Lee, S., & Nam, K.-W. (2021). Exploring experience of becoming a maker of early childhood teacher in the makerspace. *Brain, Digital, & Learning*, 11, 93-108.
- Lee, Y. S., & Joe, G. M. (2016). A consideration on a meaning of maker education in early childhood science education. *Journal of Children's Media & Education*, 15, 1-22.
- Lee, Y.-E., & Lee, H. (2014). The effects of engineering design and scientific inquiry based STEAM education programs on the interest, self-efficacy and career choices of middle school students. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 18, 513-540.
- Lim, E., & Yoo, M. (2019). The effects of science classes applied to future career-related STEAM program on career recognition, scientific interest and attitude toward science of the specialized class students in high school. *Journal of Curriculum Integration*, 13, 51-77.
- Lindberg, L., Fields, D. A., & Kafai, Y. B. (2020). STEAM maker education: Conceal/reveal of personal, artistic and computational dimensions in high school student projects. *Frontiers in Education*, 5, 51.
- Mahoney, M. P. (2010). Student attitude toward STEM-development of an instrument for high school STEM-based Programs. *Journal of Technology Studies*, 36, 24-34.
- McDonough, E., Sawyer, K. S., Wilks, J., & Jacque, B. (2021). Students attitudes surrounding stem: A social cognitive career theory instrument for high school. *bioRxiv*, 11, 29, 470294.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Mills, G. E. (2000). *Action Research: A Guide for the Teacher Researcher*. Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Ministry of Education (2013). *Developing Dreams and Talents with Steam: Steam Education Status and Policy Direction*. 2013 Business Report. Seoul: Author.
- Ministry of Education (2015). *The National Curriculum for the Primary and Secondary Schools* (Ministry of Education Notice No. 2015-74). Sejong: Author.
- Ministry of Education (2022). *The National Curriculum for the Primary and Secondary Schools* (Ministry of Education Notice No. 2022-33). Sejong: Author.

- Ministry of Education, Science and Technology (2012). Annual Report for 2012. Achieving an Advanced Human Nation by Entering a Talent Country. Seoul: Author.
- Park, G. (2021). A study on the development of maker convergence education program using physical computing and 3d printing. *Journal of Korean Practical Arts Education*, 34, 209-223.
- Park, M. J., & Choi, D. W. (2017). The convergence effect of career education program for freshmen of nursing department on learning motivation, college life adaptation and self-efficacy. *Journal of Digital Convergence*, 15, 339-349.
- Reigeluth, C. M. (2009). *Instructional Design Theories and Models: Blending a Common Knowledge Base*. New York, NY: Routledge.
- Ryu, Y., Kang, I., & Jeon, Y. (2017). Development of emotional intelligence through a maker education program based on design thinking process for undergraduate students in an university. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9, 163-175.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68, 20-26.
- Sanders, M., Kwon, H., Park, K., & Lee, H. (2011). Integrative STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education: Contemporary. *Secondary Education Research*, 59, 729-762.
- Schwab, K., & Davis, N. (2018). *Shaping the Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.
- Song, H., Ryu, M., & Han, S. (2018). The Flipped Learning-based SW-STEAM education program for Learning motivation. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 22, 325-333.
- Yang, J. H., Cho, B. R., & Hwang, I.-S. (2020). Effects of CELL curriculum participation on college students' learning flow, learning motivation, academic self-efficacy, and self-directed learning ability. *Journal of Digital Convergence*, 18, 55-67.
- Yoo, M. H., Kang, Y. H., & Yeo, S.-I. (2011). Effects of a summer camp program at science education center for gifted students in university. *Journal of Science Education for the Gifted*, 3, 19-37.
- Yoon, H. J., Kang, I. A., & Kang, E. S. (2019). A case study of a maker education outreach program: Fostering maker mindsets. *Journal of Educational Technology*, 35, 365-393.
- Yoon, S., Jang, J., & Kim, S. (2017). A formative study of an instructional design model for maker education to cultivate entrepreneurship of adolescents. *Journal of Educational Technology*, 33, 839-867.

Authors Information

Hong, Dae Hwa: Daeryum Middle School, Teacher, First Author

Lee, Hyonyong: Kyungpook National University, Professor, Co-author

Lee, Hyundong: Daegu National University of Education, Professor, Co-author

Jeon, Jaedon: Kyungpook National University, Academic Research Professor, Corresponding Author