

공학적 설계 과정을 강조한 초등용 STEAM 프로그램의 효과

임희준 · 허진석 · 유지연[†]

Effect of Elementary STEAM Program Emphasizing Engineering Design Process

Lim, Heejun · Heo, Jinseok · You, Jiyeon[†]

국문 초록

본 연구에서는 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램을 개발·적용하여 초등학생들의 창의적 공학문제해결 성향 및 자기주도적 학습 능력에 미치는 영향을 조사하고 성별에 따른 차이를 비교·분석하였다. 경인지역 초등학교 4학년 학생 141명을 대상으로, 개발된 프로그램을 5차시에 걸쳐 진행하고 창의적 공학문제해결 성향과 자기주도적 학습 능력에 대한 사전·사후 검사를 실시하였으며 프로그램에 대한 만족도 및 인식 검사도 진행하였다. 연구 결과, 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램은 초등학생들의 창의적 공학문제해결 성향 및 자기주도적 학습 능력 향상에 효과적이었으며, 특히 여학생에게 효과적인 것으로 나타났다. 성별에 따른 변화의 차이 분석 결과, 창의적 공학문제해결 성향의 하위 요인인 ‘소통 및 협업능력’을 제외한 모든 요인에서 여학생들의 유의미한 향상이 나타났다. 남학생의 경우, ‘공학설계’, ‘소통 및 협업능력’ 요인에 대해 유의미한 효과가 있었다. 프로그램에 대한 학생 만족도와 인식을 분석하고 이에 대한 교육적 함의를 논의하였다.

주제어: 공학적 설계, STEAM, 창의적 공학문제해결 성향, 자기주도적 학습 능력, 초등학생

ABSTRACT

In this study, a STEAM program emphasizing the engineering design process was developed and applied to investigate its effects on the creative engineering problem-solving proficiency and self-directed learning ability of elementary school students. In addition, the study compared and analyzed differences according to gender. The program was conducted across five sessions targeting 141 students in the fourth grade in an elementary school in the Gyeongin area. The study measured the creative engineering problem-solving disposition and self-directed learning ability of the students before and after the STEAM program. It also administered satisfaction and perception tests. The result confirmed that the STEAM program that emphasizes the engineering design process is effective in improving the creative engineering problem-solving propensity and self-directed learning ability of elementary school students, particularly female ones. Analyzing differences in changes based on gender, the study pinpointed significant improvements among female students in all factors except for the subfactor communication and collaboration within tendencies toward creative engineering problem-solving. For male students, the study observed significant effects in the factors engineering design and communication and collaboration. Lastly, the study discussed the educational implications of the findings.

Key words: engineering design, STEAM, creative engineering problem-solving propensity, self-directed learning ability, elementary school student

I. 서 론

최근의 과학 및 산업계의 동향에 비추어볼 때 과학, 기술, 공학, 인문·예술, 수학 영역의 융합교육이 미래 사회가 필요로 하는 창의적인 인재 양성에 중요하다는 믿음을 바탕으로 우리나라를 포함한 세계 각국은 STEM 또는 STEAM 교육을 강화하고 있다. 우리나라의 경우, 2010년 교육과학기술부의 과학기술·예술 융합인재교육(STEAM) 활성화 정책에 따라 2011년부터 융합인재교육을 중점 추진과제로 설정하면서 STEAM 교육을 본격적으로 강조하기 시작하였다. 그리고 제2차 융합교육 종합계획('20~'24)을 통해 융합교육에 대한 강조와 실행이 보다 구체화되었다(교육과학기술부, 2010a, 2010b; 교육부, 2020).

국가교육과정에서도 2015 개정 교육과정에서 강조한 창의융합형 인재 양성을 비롯하여(교육부, 2015), 2022 개정 교육과정에서는 깊이 있는 학습을 통해 역량을 함양할 수 있도록 교과 간 연계와 통합, 학생의 삶과 연계된 학습, 학습에 대한 성찰 등을 강조하면서 “다양한 영역의 지식과 정보를 깊이 있게 이해하고 비판적으로 탐구하며 활용할 수 있는 지식정보처리 역량”과 “다양한 분야의 지식, 기술, 경험을 융합적으로 활용하고 서로 다른 생각과 논리 간의 상호관계성을 통합적으로 고려하여 새로운 것을 창출하는 창의적 사고 역량” 강화 등을 통해 융합교육을 강조하고 있다(교육부, 2022).

우리나라에서 융합교육은 한국과학창의재단이 주축이 되어 STEAM 교육의 이론적 토대 및 STEAM 학습 준거틀을 구성하여 제시하였으며(박현주 등, 2012; 백운수 등, 2012), 학교 현장에서의 STEAM 교육 정착과 활성화를 위해 다양한 STEAM 프로그램이 개발, 적용, 확산해 나가고 있다. 2021년까지 한국과학창의재단의 STEAM 학습 준거틀은 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 세 가지 준거로 구성되었다. 즉, 실제적인 문제 상황 제시를 통하여 학생들이 문제를 인식하고 문제 해결의 필요성을 느끼며, 창의적 설계를 통하여 학생이 중심이 되어 스스로 창의적인 문제 해결의 방법을 찾아가고, 이 과정에서 성취감과 성공의 기쁨, 새로운 과제에 대한 도전을 할 수 있는 동기를 얻는 감성적 체험을 하는 요소들을 포함하도록 강조하고 있다. 2022년에는 미래형 융합교육으로 개념을 확장하며 STEAM 구성

요소로는 상황 관련 문제 정의, 융합적 설계 및 문제 해결, 자기주도 및 성찰의 세 요소를 제시하였으며, 이 과정에서 주도적인 문제해결자로서의 학생의 주도성을 더욱 강조하고 있다(한국과학창의재단, 2022). 이러한 STEAM 교육은 학생의 과학적 소양, 과학 개념, 문제해결력, 창의융합적 사고, 태도 등 인지적 및 정의적 측면에 다각적으로 긍정적인 영향을 미치는 것으로 연구되고 있다(강남화 등, 2018; 강지연과 진석연, 2019; 고창수 등, 2016; 이석진 등, 2017; 이지윤과 심규철, 2019).

우리나라의 STEAM 교육은 과학기술을 기반으로 하는 주요국의 STEM 교육에 인문학 및 예술적 소양을 함께 고려한 예술(A)을 추가하여 강조(Yakman, 2010)하고 있는 방식이다. 미국을 비롯한 주요국의 STEM 교육은 기존의 과학, 수학 교육에 기술과 공학의 통합을 통한 실생활 문제해결을 강조하고 있는 것으로(Corlu *et al.*, 2014; Dugger, 2010; OECD, 2018), 공학적 설계를 중심으로 과학 기반 문제에서 공학적 문제해결력을 향상시키는 것을 강조하고 있다(Roehrig *et al.*, 2012). 미국의 과학교육의 경우, 이미 2012년에 미국 차세대 과학교육표준(New Generation Science Standards: NGSS)를 통해 기존의 과학 교육 표준에는 포함되지 않았던 공학 및 테크놀로지 기준(engineering & technology standards)을 초등학교 과정에서부터 하나의 핵심 요소로 포함시켜 강조하고 있다(Moore *et al.*, 2014; NGSS Lead States, 2013). 이때 공학적 설계 과정(engineering design process)을 문제 정의(define)-해결책 개발(develop solutions)-최적화(optimize)의 상호작용적인 3단계로 제시하며 공학적 설계 과정의 핵심을 구체적으로 제시하고 있다. 또한, 주요 기관에서도 STEM 교육에서의 공학적 설계 과정을 구체적인 과정 단계로 제시하며 STEM 교육 프로그램에 적용하고 있다. 예로, NASA에서는 NASA's BEST Engineering Design Process를 문제 인식(ask)-아이디어 도출하기(imagine)-계획하기(plan)-산출문 창출하기(create)-테스트하기(test)-개선하기(improve)-공유하기(share)의 반복적 과정으로 제시하고 있다(NASA, 2021). 우리나라에서도 많이 알려지고 STEAM 교육에서 자주 활용되는 Stanford D. School에서도 디자인 씽킹 프로세스(Design Thinking Process)를 공감(emphasize)-정의(define)-아이디어 도출(ideate)-프로토타입(prototype)-테스트(test)의 5단계로 제시하고 이 과정에 기반하여 공학적

설계 과정을 경험하도록 제시하고 있다(Hasso Plattner Institute of Design at Stanford, 2021).

이에 반해, 우리나라 STEAM 교육은 요소로서 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험 또는 문제 정의, 융합적 설계 및 문제 해결, 자기 주도 및 성찰을 제시하고 강조하고 있는데, 이 자체는 STEAM 교육 및 프로그램이 고려해야 할 학습 및 수업 설계의 준거 또는 요소이지 사고의 과정이나 수업의 모형이 아니다. 그 결과로 요소를 수업의 단계로 잘못 고려하여 창의적 설계의 과정과 그 과정에서의 감성적 체험이 분리되어 각각의 단계로 구성되는 프로그램을 개발하거나, 보고서 등의 결과 표현 방식만 예술적으로 변경되면 STEAM인 것으로 오인하고 진행하는 등 학교 현장에서 STEAM 수업을 실제적으로 적용할 때 혼란과 어려움을 겪는 요인이 되기도 한다(남윤경 등, 2020; 이동영과 남윤경, 2018; 이정민과 신영준, 2014; 이진숙과 김은주, 2019; 임유나, 2012). 이는 우리나라 STEAM 교육의 요소가 창의적 설계나 융합적 설계의 요소를 강조하고 있지만, 아이디어 도출에 기반해 디자인하고 만들고, 이를 테스트하고 수정하고 향상시키는 반복적인 개선의 과정인 공학적 설계의 과정을 구체적으로 제시하고 있지 않기 때문이다(남윤경 등, 2020; 최윤희, 2021).

질 높은 융합교육이 이루어지기 위해서는 학생들이 실제적으로 의미를 느끼는 문제 상황에서 공학적 과정을 적용할 수 있는 문제가 포함되어야 하고, 학생들이 이 문제를 해결하는 공학적 설계 과정(engineering design process)을 배울 수 있어야 한다(Brophy *et al.*, 2008). 이러한 공학적 설계 기반의 수업은 과학과 공학에 대한 학생들의 이해 및 과학과 공학에 대한 태도와 흥미에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(Apedoc *et al.*, 2008; Morrison, 2006). 그러나 이동영과 남윤경(2018)에 의하면 실제로 우리나라의 STEAM 준거틀에 기반해 개발된 과학 관련 STEAM 수업에서 공학적 설계를 적용하는 수업은 30% 정도에 그치고 있는 아쉬움이 있다. STEAM 교육의 핵심인 공학적 설계 과정을 구체적으로 강조하고, 2022 개정 교육과정 및 미래형 STEAM 교육에서 특히 강조하고 있는 학생의 주도성을 높이는 STEAM 교육이 되기 위해서는 창의적 설계나 융합적 문제해결, 학생의 자기주도성 강화와 같은 준거나 지향을 제시하는 것으로는 부족하며 구체적이고 세심한 STEAM 수업 모델의 개발과 이에 따른 수업 프로그램의 개

발이 중요할 것이다.

이와 같이 공학적 설계를 포함한 구체적인 수업 단계를 포함하는 STEAM 수업 모델의 개발의 필요성에 대한 인식을 바탕으로 본 연구에서는 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 수업 모델에 기초한 초등용 STEAM 프로그램을 개발하여 적용한 후, 창의적 공학문제해결 성향 및 자기주도적 학습 능력에 미치는 효과와 프로그램에 대한 학생들의 인식을 살펴보고 이를 통해 STEAM 교육에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 인천·경기 지역에 소재한 초등학교 4학년 학생 141명(남학생 66명, 여학생 75명)을 대상으로 실시하였다. 참여 학생을 대상으로 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램을 5차시에 걸쳐 적용하였으며, 프로그램의 효과 측정을 위해 창의적 공학문제해결 성향 및 자기주도적 학습 능력에 대한 사전·사후 검사를 실시하였다. 프로그램 적용 후, 참여 학생을 대상으로 프로그램에 대한 만족도 검사와 프로그램의 장·단점에 대한 인식 조사를 위한 설문을 실시하였다.

2. 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램

공학적 설계에 기반하고 학생 주도적 참여를 높인 STEAM 수업을 위해서는 실생활 속에서 접하기 쉽고 학생의 눈높이에서 동기와 흥미를 느낄 수 있는 문제 상황을 제시하고, 공학적 설계 과정을 토대로 하며 학생의 자기주도성을 점진적으로 높일 수 있는 세심한 수업 모델의 개발이 필요하다. 또한, 이 과정에서 강조되는 학생 주도성은 말로만 강조하거나 프로그램이 학생에게 무조건 열려있다고 해서 높아지는 것은 아니다. 연구에 의하면 학생들은 열린 탐구에 있어서 주제 선정에 많은 부담을 느끼며 가장 어려운 요소로 인식하고 있다(정우경 등, 2011). 또한, 어느 정도 정해진 주제 안에서 실험 설계 단계부터 주도적으로 하는 상황에서 자기주도성과 만족감 및 성취감을 더 느끼는 것으로 보고되고 있다(이영미 등, 2015).

본 연구에서는 공학적 설계 과정을 구체적으로 강조하고 있는 미국 NGSS의 공학적 설계 과정, NASA의 BEST Engineering Design Model, Stanford D. School의 디자인 씽킹 프로세스 등의 세부 과정을 참고하고 미래형 융합교육의 구성 요소인 상황 관련 문제정의, 융합적 설계 및 문제해결과 자기주도 및 성찰에 대한 요소별 특징을 고려하여 학생주도 참여 중심의 STEAM 활동을 안내할 수 있는 학습 모델을 제시하고자 하였다. 이를 위해 개발된 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 수업 모델은 다음 Fig. 1과 같이 ‘문제인식’, ‘탐색 및 탐구’, ‘산출 및 공유’의 3개 과정으로 설정하고 상황이해, 문제정의, 탐구문제설정, 탐구하기, 시사점도출, 아이디어도출, 산출물 만들기, 테스트 및 개선과 발표하기의 세부 7단계로 개발하였다.

학생주도 참여 중심형 STEAM 프로그램은 학생이 자신의 생활 주변에서 접하기 쉽고 학생의 눈높이에서 문제를 발견하고 설정할 수 있어야 할 뿐 아니라 주도적으로 창의적 설계를 통한 문제해결이 가능한 활동으로 구성될 필요가 있다. 이에 ‘키재기’를 주제로 선정하고 해당 주제에 대한 각 단계의 활동을 구성하였다. 연구 대상이 아닌 초등학교 4학년 학생 9명을 대상으로 개발 프로그램에 대한 예비 수업을 실시하였다. 이 과정에서 과학교육 전문가, 융합교육(STEAM) 전문가 및 초등 과학교육 석사 학위를 소지한 초등학교 현장 전문가 8인으로 구성된 전문가 집단의 수시 검토를 토대로 10여 차례 이상의 세미나를 통해 프로그램을 수정·보완하였다. 또한, 개발 프로그램의 타당성 검증을 위해 외부 전문가 및 현장 교사 자문단의 검토를 거치며 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램을 최종 완성하

였다.

「정확하고 편리하게 키를 재볼까?」 STEAM 프로그램의 각 과정에 대한 구체적인 단계별 활동은 다음 Fig. 2와 같다.

첫 번째 문제인식 과정에서는 상황이해 단계에서 학생들이 키재기와 관련하여 경험한 내용을 공유하며 키재기 방법 중 불편했거나 아쉬웠던 문제상황을 쉽게 이해할 수 있도록 하였으며, 문제정의 단계를 통해 학생들이 스스로 해결하고자 하는 문제를 생각하여 적어보도록 하였다. 이를 통해 학생들에게 보다 정확하고 편리한 키재기 도구가 필요하다는 인식을 스스로 생성하고 명시적으로 정의해 볼 수 있는 기회를 제공하였다. 두 번째 탐색 및 탐구 과정에서는 정확하고 편리한 키재기 도구 개발 방법을 직접 찾기에 앞서, 현재 사용되고 있는 다양한 키재기 도구들을 직접 살펴보고 사용해보며 각 도구의 장·단점을 비교 탐색하는 과정을 통해 아쉬운 점을 개선하기 위한 시사점을 스스로 찾아볼 수 있도록 구성하였다. 이 과정은 교사의 도움을 기반으로 학생들의 최종 문제해결을 돕기 위한 스캐폴딩 역할을 할 수 있다. 다음 Fig. 3은 탐색 및 탐구 과정의 학생 활동지 작성 예시이다.

탐색 및 탐구 과정에서 도출된 시사점을 토대로 학생 주도적으로 문제를 해결해나갈 수 있도록 세 번째 산출 및 공유 과정의 활동을 구성하였다. 모둠원들끼리 협력하여 키재기 도구를 개선하기 위한 다양한 아이디어를 도출하고 합의된 아이디어를 직접 산출물로 만들어 테스트하며 다시 개선하는 과정을 반복적으로 수행할 수 있도록 하였다. 모둠별로 최종 산출물에 대한 아이디어와 개발 과정 및 특징을 발표하며 동료 평가와 자기 평가를 통해 아이



Fig. 1. Courses in the STEAM program emphasizing engineering design process

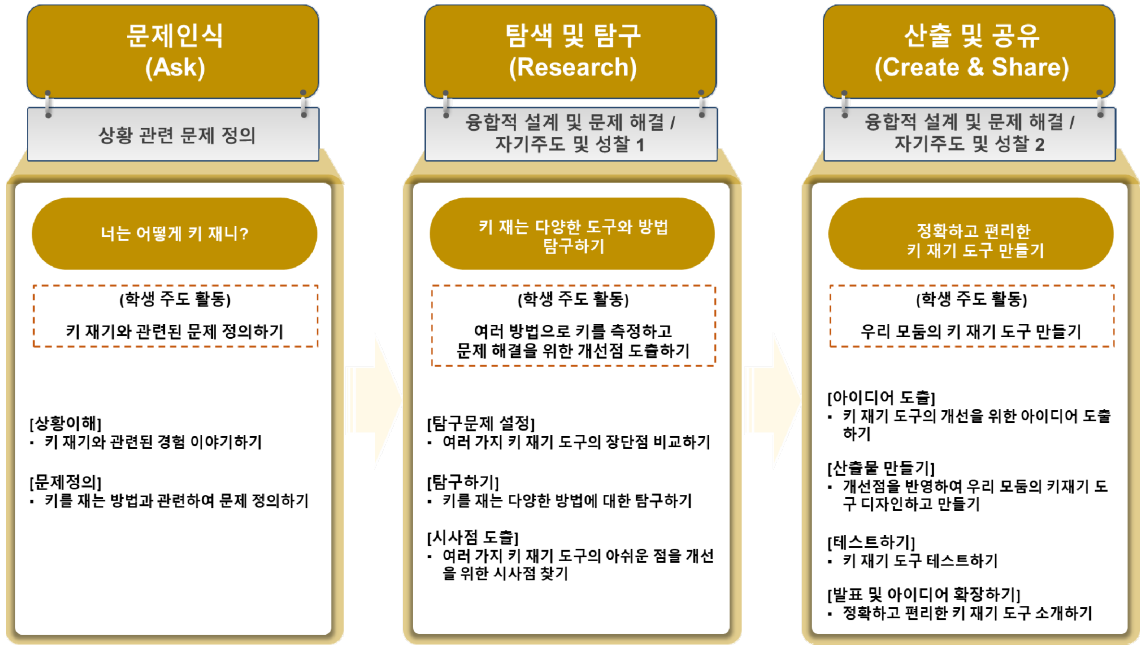


Fig. 2. Main contents of the developed STEAM program

정확하고 편리하게 키를 재볼까?

3 다양한 키 재기 도구의 장점과 단점을 마인드맵으로 정리해봅시다.

장점 편리하고 휴대용성이 가능.	백 부착형 키재기판	단점 정확성이 떨어짐. 상하 어려움.
장점 정확성이 높음. 몸무게, 비인도까지 측정가능	자동 신장계	단점 휴대용 소대가 불편. 인발대까지 걸수없음.
장점 휴대용 소지 가능. 간편 휴대 크지 않음.	레이저 측정기	단점 사용하기 어렵고 정확도 미비.
장점 정확성이 매우 높음. 휴대용 소지 가능. 간편하고 부피가 크지 않음.	초음파 측정기	단점 딱히 없음. 콘자서 재기 어려움.

4 우리 모듬이 정한 탐구 문제의 결론을 작성해봅시다.

시사점 도출 정확하고 편리한 키재기 도구 제작을 위한 시사점 도출하기

1 다양한 키재기 도구를 이용하여 탐구 활동을 수행하고 난 후, 정확하고 편리한 키재기 도구를 만들기 위해 가장 중요하게 생각해야 할 점을 작성해봅시다.

1. 고정 (백이제이판 등) 조립가능
 2. 측정 일함
 3. 정확도 (백이 고정)
 4. 휴대성 (크기 작음)

Fig. 3. Students worksheet sample of the 'Research' stage

기 위해 대응표본 t-test를 실시하였다.

공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램 수업에 대한 학생 만족도 검사는 한국과학창의재단에서 융합교육(STEAM) 프로그램의 수요자 만족도 조사를 위해 개발한 표준화 검사도구 중, 본 연구 목적에 부합되는 일부 항목을 발췌하여 사용하였으며, 본 연구에서의 신뢰도는 .83이다.

학생들을 대상으로 한 프로그램에 대한 인식 검사는 수업 후 ‘좋았던 점이나 다른 수업들과는 달리 특별했던 점’, ‘수업에 참여하면서 어려웠던 점’에 대해 자유롭게 적도록 구성하였다. 학생들의 설문 응답을 다수의 STEAM 프로그램 개발 및 연구 경험이 있는 과학 교육전문가 2인이 분석하며 시사점을 추출하고 논의하였다. 응답사례에서 제시한 이름은 임의 배정하여 제시하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램이 창의적 공학문제해결 성향에 미치는 효과

공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램은 초등학생들의 창의적 공학문제해결 성향에 긍정적인 변화를 유발한 것으로 나타났다(Table 1). 창의적

공학문제해결 성향의 전체 평균은 각각 사전 3.51, 사후 3.82로 수업 후 유의미하게 증가하였다($p=.000$). 이러한 결과는 4가지 하위 요인인 ‘공학설계’, ‘소통 및 협업능력’, ‘공학적 사고 습관’, ‘동기’에서도 동일한 양상을 보였다. 이는 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램이 학생들의 창의적인 공학문제해결 성향의 발달에 도움이 될 수 있음을 시사한다. 공학적 설계를 강조한 STEAM 프로그램은 문제해결 과정을 세부 7단계로 설정하여 명시적으로 제시해줌으로써 학생들이 문제를 구체적으로 정의하고 아이디어를 탐색하여 실험과 개선을 통해 최적의 해결책을 찾아나가는 일련의 과정을 안내하였다. 이러한 체계적인 활동들을 통해 학생들은 공학적 설계 접근 방법을 배우고 습득할 수 있었을 것으로 기대된다.

하위 요인별 세부 분석 결과는 다음과 같다. 첫 번째 하위 요인인 ‘공학 설계’(사전 3.55, 사후 4.01, $p=.000$)의 평균 점수는 수업 후 유의미하게 증가하였다. 공학 설계 과정은 문제를 정의하는 것에서부터 시작하는데(Hjalmarson & Lesh, 2008), 학생들은 문제인식 과정을 통해 실생활에서 경험한 문제를 공유함으로써 보다 명확하게 문제상황을 이해하고 실질적으로 해결하고자 하는 문제를 정의할 수 있었을 것으로 보인다. 또한, 탐색 및 탐구과정을 거쳐 해결책 마련을 위한 초기 아이디어를 도출하고, 산

Table 1. Paired t-test results on the scores for creative engineering problem solving propensity test

요인	성별	학생 수	사전검사		사후검사		t	p
			Mean	SD	Mean	SD		
공학설계	남자	66	3.60	.62	4.02	.66	-4.27	.000
	여자	75	3.52	.70	4.00	.64	-4.32	.000
	계	141	3.55	.67	4.01	.64	-6.03	.000
소통 및 협업능력	남자	66	3.90	.68	4.32	.53	-4.30	.000
	여자	75	4.11	.59	4.24	.58	-1.38	.171
	계	141	4.02	.64	4.28	.56	-3.87	.000
공학적 사고습관	남자	66	3.42	.73	3.54	.70	-.93	.357
	여자	75	3.26	.71	3.63	.75	-3.18	.002
	계	141	3.33	.72	3.58	.73	-2.92	.004
동기	남자	66	3.29	.83	3.35	.92	-.42	.679
	여자	75	3.03	.88	3.43	.90	-2.64	.010
	계	141	3.15	.86	3.40	.90	-2.28	.024
전체	남자	66	3.55	.56	3.81	.52	-2.79	.007
	여자	75	3.48	.60	3.82	.58	-3.52	.001
	계	141	3.51	.58	3.82	.56	-4.50	.000

출 및 공유 과정을 통해 초기 아이디어를 반복적으로 개선하여 발전시키는 과정을 경험했기 때문에 공학 설계 과정에 대한 전반적인 이해도가 높아질 수 있었던 것으로 보인다. 또한, 성별에 따른 차이를 분석한 결과, ‘공학 설계’ 요인 평균 점수가 남학생(사전 3.60, 사후 4.02, $p=.000$)과 여학생(사전 3.52, 사후 4.00, $p=.000$) 모두 유의미하게 증가한 것으로 나타났다.

두 번째 요인인 ‘소통 및 협업능력’(사전 4.02, 사후 4.28, $p=.000$)의 경우도 마찬가지로 수업 후 평균이 유의미하게 증가하였다. 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램은 일상생활에서 발생하는 문제 상황을 과학적·융합적 지식을 활용해 해결해 나가는 과정을 중요시한다. 그 과정에서 의사소통을 통한 협력은 성공적인 문제해결에 매우 중요한 역할을 한다. 이와 관련하여 Brophy *et al.*(2008) 성공적인 문제해결을 위해서는 학생들이 모둠원과 소통하고 협력할 수 있는 적절한 문제상황이 제시되어야 함을 강조하였다. ‘키재기’는 4학년 학생들이 생활에서 접하기 쉽고 관련 경험이 다양하여 어렵지 않게 과제를 시작하기에 적합한 주제일 수 있다. 이에 학생들은 활발한 의사소통을 통해 문제를 발견하고 설정할 수 있었을 뿐 아니라 모둠원 간의 협력적 상호작용을 통해 문제해결을 이끌어 낼 수 있었을 것이라 기대된다. 프로그램이 모둠원들과 아이디어를 주고받고 협력하여 문제를 해결하는 과정을 강조했기 때문에 학생들의 소통과 협업 능력이 촉진되었을 가능성이 있다. 성별에 따른 분석 결과, 특히 남학생에게서 유의미한 향상이 나타났다(사전 3.90, 사후 4.32, $p=.000$). 남학생들은 그룹 내에서 리더십과 문제해결에 더 관심을 가지는 경향이 있는데(이은주, 2021), 문제해결 과정이 강조된 STEAM 프로그램 수업 환경이 남학생의 소통 및 협업 능력이 잘 발휘될 수 있도록 자극했을 가능성이 있다.

세 번째 ‘공학적 사고습관’(사전 3.33, 사후 3.58, $p=.004$) 요인과 네 번째 ‘동기’(사전 3.15, 사후 3.40, $p=.024$) 요인의 경우 모두 수업 후 유의미한 수준으로 평균 점수가 증가하였다. 문제 상황에서 스스로 해결책을 찾고 사전 경험과 실패로부터 배운 점들을 이용하여 더 나은 해결책을 만들어내는 과정을 중요시하는 공학자적 사고를 공학적 사고 습관이라 할 수 있다(Moore *et al.*, 2014). 공학적 설계를 강조한 STEAM 프로그램 수업에서 학생들은 스스로 새

로운 아이디어를 생성하고, 탐색단계를 통해 습득한 지식과 이전 아이디어를 융합하여 아이디어를 발전 시켜나가는 활동을 경험함으로써 새롭고 적절한 해결책을 생성해내는 과정을 통해 공학적 사고 습관을 습득할 수 있었을 것으로 판단된다. 나아가 협력적이고 반복적인 점검을 통해 학생들은 스스로 만족할 때까지 해결책을 발전시켜 최종 산출물을 제작하는 전반의 과정을 주도적으로 수행함으로써 창의적 공학문제해결 활동에 대해 높은 수준의 동기가 유발되었을 가능성이 있다. 성별에 따른 분석 결과, 두 요인 모두 여학생에게서 유의미한 향상이 나타났다(공학적 사고습관: 사전 3.26, 사후 3.63, $p=.002$, 동기: 사전 3.03, 사후 3.43, $p=.010$). 남학생에 비해 상대적으로 공학 분야에 대한 자기효능감이 낮은 여학생들은(Andrews *et al.*, 2021) 공학적 설계를 강조한 STEAM 프로그램을 통해 스스로 목표를 설정하고 도전적으로 해결해 나가야 하는 공학적 문제해결 과정에 대한 인식 수준을 보다 유의미하게 발전시킬 수 있었던 것으로 보인다. 이러한 결과는 STEAM 프로그램이 여학생들의 공학적 사고 습관이나 동기를 자극하여 자기효능감 향상에도 기여할 수 있음을 시사한다. 따라서 이러한 교육적 접근 방법은 여학생들의 역량 향상을 촉진하고 공학 분야의 적극적인 참여를 유발하는 데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램이 자기주도적 학습 능력에 미치는 효과

공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램은 초등학생들의 자기주도적 학습 능력 향상에 효과적일 가능성이 있는 것으로 나타났다(Table 2). 자기주도적 학습 능력 전체 평균 점수(사전 3.38, 사후 3.64, $p=.002$) 뿐 아니라 하위 요인인 ‘정보탐색 및 과제해결’(사전 3.46, 사후 3.64, $p=.018$) 요인과 ‘내재적 동기 및 자기성찰’(사전 3.31, 사후 3.64, $p=.002$) 요인 모두 수업 후 유의미하게 향상되었다. 자기주도적 학습은 학습자가 스스로 학습 과정을 이끌어 가는 활동으로, 내면적 동기 유발에 따라 학습자가 스스로 학습의 목표를 설정하고 적절한 학습 전략을 선정·수행하며 학습의 과정 및 결과를 평가하는 일련의 과정에서 스스로 주도적인 역할을 수행하는

Table 2. Paired *t*-test results on the scores for self-directed learning ability test

요인	성별	학생 수	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>p</i>
			Mean	SD	Mean	SD		
정보탐색 및 과제해결	남자	66	3.52	.61	3.66	.68	-1.27	.209
	여자	75	3.41	.64	3.63	.64	-2.05	.043
	계	141	3.46	.63	3.64	.66	-2.39	.018
내재적 동기 및 자기성찰	남자	66	3.42	.84	3.56	.86	-.92	.361
	여자	75	3.22	.92	3.71	.89	-3.34	.001
	계	141	3.31	.88	3.64	.87	-3.10	.002
전체	남자	66	3.47	.63	3.61	.70	-1.20	.234
	여자	75	3.31	.69	3.67	.70	-3.08	.003
	계	141	3.38	.67	3.64	.70	-3.10	.002

활동이다(송인섭, 2006; Zhan, 2014). 본 연구에서 개발 적용한 STEAM 프로그램은 학생들의 창의적 문제해결 능력을 촉진하기 위해 공학적 설계 과정을 강조하였는데, 이 과정에서 학생들은 스스로 해결하고자 하는 문제를 선정하고 해결책을 탐색하기 위한 전략을 수립하게 된다. 이를 통해 학생들은 자신의 요구를 기반으로 학습을 진행하며, 이러한 자기주도적 학습 접근이 과제해결력 및 내재적 동기를 촉진하는데 기여할 수 있었던 것으로 보인다.

정보탐색은 학습자가 필요한 지식과 자료를 찾고 활용하는 능력(김진선, 2004)으로 학생들이 문제해결에 필요한 정보를 수집하고 다양한 정보원을 활용하여 이를 습득하는 과정에서 발전될 수 있다. 창의적이고 새로운 해결 방법 탐색에 도움을 주기 위한 스캐폴딩 단계로 구성된 탐색 및 탐구 과정의 활동을 통해 학생들은 해결책에 대한 시사점을 탐색하며 의사결정에 도움을 받았을 가능성이 있다. 이러한 일련의 과정을 통해 학생들은 보다 적극적이고 능동적으로 과제해결에 참여할 수 있었던 것으로 기대된다.

성별에 따른 세부 분석 결과, 자기주도적 학습 능력 전체와 두 가지 하위 요인 모두에서 여학생만 유의미한 향상을 보였다. 여학생들은 과학 관련 흥미, 자기효능감, 유용가치 등 대부분의 요인에서 남학생들에 비해 낮은 동기 수준을 보인다(이민혜 등, 2018; 이수영, 2011; Andrews *et al.*, 2021). 흥미나 자기 효능감 등의 동기 요인은 타인과의 상대적인 비교를 통해 상승되는 것이 아니라 개인 스스로 인식해야 하는 것이며(Simpkins *et al.*, 2006), 내재적 가치와 속성은 학습의 결과보다는 과정 자체에 중요성을 두

고 있는 동기 요인이다(임경선, 2011). 과제지향적인 STEAM 프로그램 수업의 특성이 여학생들에게 의미 있는 목표를 제공하여 스스로 문제를 해결해 나가는 과정을 통해 과제 자체가 주는 즐거움이나 흥미를 느낄 수 있도록 도움을 주었을 것으로 기대된다. 이는 여학생들이 학습 과정에 보다 능동적으로 참여할 수 있도록 하는데 기여했을 가능성이 있다.

3. 학생 만족도 및 인식

1) 만족도

공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램 수업에 대한 학생들의 만족도 응답 결과는 Table 3과 같다. 수업 전반에 대한 만족도나 흥미, 적극적인 참여도의 평균이 각각 3.88, 3.79와 4.01로 높은 편으로 나타났으며, 프로그램 난이도에 대해서도 평균값이 3.35점으로 대체로 어렵지 않게 생각하였다.

수업의 만족도에 대한 세부 요소별 설문 결과

Table 3. Results of students' satisfaction surveys for the STEAM program emphasizing engineering design process

항목	평균	표준편차
STEAM 수업에 만족하십니까?	3.88	.88
STEAM 수업은 재미있었나요?	3.79	.95
STEAM 수업 활동에 적극적으로 참여하였나요?	4.01	.87
STEAM 수업의 내용 수준은 어떠하다고 생각하십니까?	3.35	.86
앞으로도 STEAM 수업을 지속적으로 받고 싶습니까?	3.70	1.04

Table 4. Results of student satisfaction surveys by sub factors

요소	평균	표준편차
문제해결 및 융합적 사고력	3.60	.71
협력적 태도	3.89	.78
도전의식	3.85	1.10
이공계 관심	3.16	1.39
중심 과목에 대한 흥미	3.39	.98
전체	3.58	.75

(Table 4)를 살펴보면, 학생들은 ‘나는 다른 친구들과 협력하는 것이 중요함을 알게 되었다.’, ‘나는 의견에 대한 근거를 가지고 친구들과 토론하였다.’, ‘나는 다른 친구들의 의견을 잘 들어주고 존중하였다.’ 등의 ‘협력적 태도’ 요소에 대한 문항에 긍정적으로 응답(평균 3.89)한 것으로 나타났다. 또한, ‘도전의식’(3.85)이나 ‘나는 배운 내용을 실생활과 연결 지으려고 노력하였다.’, ‘나는 한 가지 문제를 다양하게 생각해 보았다.’ 등과 같이 ‘문제해결 및 융합적 사고력’과 관련해서도 높은 만족도(3.60)를 보였다.

공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램 수업에 대한 학생들의 인식을 묻는 설문 검사 결과에서도 이와 유사한 응답들이 나타났다. 모듈 구성원들과 협력하여 문제를 해결해 나가는 과정과 실제 산출물을 만들어내는 과정을 장점으로 응답하는 경우가 많았다. 다음은 협력적 태도나 문제해결 및 융합적 사고력과 관련된 학생 응답 예시이다.

- 친구들의 아이디어 등을 잘 알 수 있었고 친구들과 협동하

- 며 같이 의지하며 만들어서 더욱 재미있었다. (학생 A)
- 팀원들과 뜻을 맞추는 것이 조금 어려웠지만 그래도 서로 아이디어를 공유하는 것이 즐거웠다. (학생 B)
- 일상생활에서 당연하게 여겼던 불편한 점들을 직접 해결할 수 있어서 뜻깊었다. (학생 C)
- 친구들과 협동하여 직접 도구의 단점을 고쳐서 발명품을 만드는 게 좋았다. (학생 D)
- 좋았던 점은 모듈 활동 만들기이고 특별한 점은 키재기를 직접 업그레이드해서 만들었다는 것이다. (학생 E)

반면, ‘이공계 관심’에 대한 만족도(3.16)가 다른 요소들에 대한 만족도에 비해 다소 낮게 나타난 것은 수업 중 좋았던 점에 대한 설문 결과(Table 5)에서 ‘과학기술과 관련된 직업 정보를 얻을 수 있다.’는 항목에 상대적으로 낮은 응답률을 보인 것과도 일치하는 결과라 볼 수 있다. 진로 선택은 인지적 요인 뿐 아니라 관련 분야에 대한 흥미와 동기 등 정의적 요인과의 밀접하게 연관되어 있다(Goonatlake & Bachnak, 2012). 본 연구에서 개발·적용한 프로그램이 다양한 측면에서 학생들의 흥미를 유발할 수 있었음에도 불구하고 이공계 진로 선택과 관련해 부족함을 느끼는 결과로 볼 때, 이공계 진로 선택에 긍정적인 영향을 제공할 수 있는 보다 구체적인 직접적인 접근법을 고민할 필요가 있다.

2) 장 · 단점

공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램 수업에서 가장 좋았던 점으로는 ‘친구들과 협력해서 수행하는 모듈별 활동이 많다’(27.0%)는 점을 선택

Table 5. Results of students’ perception surveys for the STEAM program emphasizing engineering design process

	항목	빈도(명)	비율(%)
좋았던 점	수학, 과학, 실과 등 여러 과목을 연결시켜 배울 수 있다.	36	25.5
	학생들 중심의 활동이 많고, 선생님의 설명은 많지 않다.	30	21.3
	친구들과 협력해서 수행하는 모듈별 활동이 많다.	38	27.0
	스스로 생각하고 학습해야 한다.	7	5.0
	과학, 수학 수업 시간에서 배운 내용이 실제 실생활에서 어떻게 활용되는지 알 수 있다.	12	8.5
	과학기술과 관련된 직업 정보를 얻을 수 있다.	5	3.5
어려운 점	기타	13	9.2
	선생님께서 소개해 주시는 내용이 너무 어렵다.	12	8.5
	수업 시간 동안에 해결해야 하는 문제가 너무 어렵다.	34	24.1
	모듈 활동을 하면서 친구들과 의견 충돌이 발생한다.	43	30.5
	조사, 실습, 만들기 등 수업 시간에 할 것이 많아 시간이 부족하다.	35	24.8
	기타	17	12.1

하였다. 또한, ‘수학, 과학, 실과 등 여러 과목을 연결시켜 배울 수 있다’(25.5%)는 점이나 ‘선생님의 설명이 많지 않고 학생들 중심의 활동이 많았던 점’(21.3%)을 응답하기도 하였다. 그 외에도 과학, 수학 시간에 배운 내용이 실제 생활에서 어떻게 활용되는지 알 수 있었다는 점(8.5%)도 좋았던 점으로 응답하였다. 이는 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 수업이 학생들로 하여금 협력적 의사소통을 바탕으로 문제해결 과정을 주도적으로 이끌어 나가는 것에 만족감을 느낄 수 있도록 도와 자기주도적 학습 능력이 긍정적으로 변화하는데 기여했을 가능성이 있음을 확인할 수 있는 결과이다. 반면, 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램 수업 중 가장 어려웠던 점으로 모둠 활동을 하면서 발생한 친구들과의 의견 충돌(30.5%)을 응답하였다. 수업 시간에 해야 할 활동이 많아 시간이 부족하다(24.8%)고 느끼거나 수업 시간 동안 해결해야 하는 문제가 어렵다(24.1%)고 응답하기도 하였다. 기타(12.1%) 응답을 선택한 학생들의 대부분은 어려운 점이 없다고 기술하였다.

친구들과 협력하여 수행하는 모둠별 활동을 가장 좋았던 점으로 인식하는 동시에 모둠 활동을 하면서 친구들과 의견 충돌이 발생한 점을 가장 어려웠던 점으로 응답한 결과로 볼 때, 공학적 설계를 강조한 STEAM 활동을 수행하는 데 있어 학생들 간의 의사소통 과정에 도움을 줄 필요가 있음을 알 수 있다. 공학설계 과정에서는 모둠 내에서 필요한 규칙을 스스로 정하고 모둠 구성원들 간의 의사소통 기술을 배우며 의견을 조율함으로써 상대방에 대한 배려와 협력을 경험하는 것이 중요하다(조경숙, 2015). 그러므로 초등학생에게 공학적 설계를 강조한 STEAM 프로그램을 적용할 때, 모둠 내에서 학생들이 협력하고 소통하여 주도적으로 문제를 해결할 수 있도록 지원하는 가이드라인을 제공할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 학생주도 참여 중심의 STEAM 활동을 안내할 수 있는 학습 모델을 제시하고자 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램을 개발·적용하여 프로그램이 초등학생들의 창의적 공학문제해결 성향과 자기주도적 학습 능력에 미치는 영향을 조사하고 성별에 따른 차이를 비교·분석하였

다. 또한, 프로그램 적용 후, 참여 학생의 프로그램에 대한 만족도 및 장·단점에 대한 인식을 조사하였다. 결과분석을 통해 얻은 결론 및 교육적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램은 초등학생들의 창의적 공학문제해결 성향 향상에 긍정적 영향을 미친 것으로 나타났다. 수업 후 창의적 공학문제해결 성향 전체와 4개의 하위 요인에서 모두 유의미한 향상을 보였으며, 성별에 따른 변화의 차이를 분석한 결과, 창의적 공학문제해결 전체와 하위 요인 중 공학설계 요인에서 남학생과 여학생 모두 유의미한 변화가 있었다. 소통 및 협업 능력 요인에서는 남학생이, 동기와 공학적 사고 습관 요인에 대해서는 여학생이 유의미한 향상을 보였다. 학생들은 프로그램에서 제시하는 각 과정별 세부 단계의 활동들을 통해 실생활 문제 상황에서 협력적으로 최선의 해결책을 찾아 성공적으로 문제를 해결해나가는 과정을 경험하였고, 이는 공학적 설계에 대한 이해에 긍정적인 변화를 준 것으로 볼 수 있다. 또한 이러한 경험은 공학적인 사고나 동기를 자극하며 창의적 문제해결 성향을 향상시킨 것으로 해석할 수 있다. 이는 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램이 학생들의 창의적 공학문제해결 능력의 향상을 위한 효과적인 전략으로 활용될 수 있음을 시사한다.

둘째, 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램은 초등학생들의 자기주도적 학습 능력 변화에도 긍정적 효과를 나타냈으며, 여학생에게 유의미한 향상을 유발하였다. 이를 통해, 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램이 과학 및 공학 관련 동기가 남학생에 비해 상대적으로 낮은 여학생들에게 과제 수행 과정 자체가 주는 즐거움을 경험할 수 있는 기회를 제공해 줌으로써 과제해결력 및 내재적 동기를 촉진하고 학습에 대한 흥미를 유발하여 주도적이고 능동적으로 학습 과정을 이끌어 가도록 하는데 보다 효과적인 교수 활동이 될 수 있음을 알 수 있었다.

이상을 종합해볼 때, 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램은 초등학생들의 창의적 공학문제해결 성향 및 자기주도적 학습 능력 향상의 측면에서 유의미한 교육적 효과를 기대할 수 있으며, 성별 차이는 교육적 효과의 차이를 유발할 수 있는 변인임을 확인할 수 있었다. 공학적 설계 과정을 강조한

STEAM 프로그램 수업이 성별에 따라 창의적 공학 문제해결 성향 및 자기주도적 학습 능력 발달에 자극을 줄 수 있는 영역이 다소 차이가 있음을 확인하였으므로, 이를 토대로 프로그램의 교육적 효과를 증대시킬 수 있는 차별적인 접근 방법에 대해 구체적으로 고려해 볼 필요가 있다.

셋째, 공학적 설계 과정을 강조한 STEAM 프로그램에 대한 학생 만족도 및 인식을 분석한 결과, 학생들은 프로그램이 협력적 태도와 도전 의식, 문제해결 및 융합적 사고력을 증진시킬 수 있었다는 측면에서 만족도가 높은 것으로 나타났다. 모둠원들과의 협력적 소통과정은 가장 좋았던 점인 동시에 어려웠던 점으로 인식하고 있었다. 이는 성공적인 문제해결을 위한 효과적인 의사소통 기술에 대한 교육적 도움이 필요함을 의미한다. 또한, 학생들은 수업을 통해 관련 직업에 대한 정보를 얻을 수 있었는지와 이공계에 대한 관심이 생겼는지에 대한 문항에 낮은 인식 수준을 드러냈다. 이는 프로그램 개발에 있어 관련 진로교육과의 연계성에 대한 적극적인 고려가 필요함을 의미한다. 이를 개선하기 위해, 관련 직업에 대한 정보를 구체적으로 제공할 수 있는 수업 내용을 구성하여 반영해야 할 것이며, 관련 직업 활동이나 직업 종사자들의 모습을 직·간접적으로 경험해볼 수 있는 기회를 제공해 줄 수 있는 방안도 고려해 볼 필요가 있다.

참고문헌

강남화, 임성민, 변수용, 이준기, 이은경, 이나리, 서영석, 오기철(2018). 2017년 융합인재교육(STEAM) 사업 성과분석 연구.

강주원, 남윤경(2016). 융합인재교육(STEAM)을 위한 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구 개발. *대한지구과학교육학회지*, 9(3), 276-291.

강지연, 진석연(2019). 융합인재교육의 정책적 목표를 중심으로 한 STEAM 교육의 효과성에 관한 메타분석. *한국융합학회논문지*, 10(12), 205-213.

고창수, 박유나, 김주숙, 진성현, 조형미, 정승요(2016). 실천중심의 인성교육을 적용한 STEAM 프로그램이 초등학생의 STEAM 태도와 실천적 인성 함양에 미치는 영향. *초등교육연구*, 29(1), 1-22.

교육과학기술부(2010a). 2011년 업무 보고. 교육부.

교육과학기술부(2010b). 제2차 과학기술인재 육성·지원 계획('11~'15). 교육부.

교육부(2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호.

교육부(2020). 학습의 패러다임을 바꾸어 가는 융합교육 종합계획(안) 2020년~2024년 [제2차융합교육(2020~2024)]. 서울, 교육부.

교육부(2022). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2022-33호.

김정환, 박용휘(2003). 초등학교 고학년용 자기주도능력 진단 척도의 타당화. *교육평가연구*, 16(1), 183-199.

김진선(2004). 자기조절 학습전략 훈련이 자기 주도적 학습능력과 학업성취도 및 학습태도에 미치는 영향. 석사학위논문. 한국교원대학교 교육대학원.

남윤경, 이용섭, 김순식(2020). 과학-공학 융합 수업 준거틀 및 공학 설계 수준 제안. *대한지구과학교육학회지*, 13(1), 121-133.

박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 백운수(2012). STEAM 교육이 구성요소와 수업 설계를 위한 준거틀의 개발. *학습자중심교과교육연구*, 12(4), 533-557.

백운수, 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 최종현(2012). 융합인재(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구. *한국과학창의재단 연구과제 보고서*.

송인섭(2006). 현장적용을 위한 자기주도학습. 서울: 학지사.

이동영, 남윤경(2018). 공학설계 측면에서 한국 STEAM 프로그램 분석틀 제안. *대한지구과학교육학회지*, 11(1), 63-77.

이민혜, 신다정, 봉미미(2018). 성별과 과학 관련 직업포부에 따른 초등학생 과학 학습동기와 성취도의 차이. *진로교육연구*, 31(3), 1-20.

이석진, 김남숙, 이윤진, 이승진(2017). 융합인재교육(STEAM)의 창의성과 문제해결력 효과에 관한 메타분석: 연구방법 및 연구자를 중심으로. *한국과학교육학회지*, 37(1), 87-101.

이수영(2011). 초등학생의 과학-수학 교과에 대한 인식과 경험이 과학기술분야 진로 선택에 미치는 영향 분석. *한국초등교육*, 22(1), 99-117.

이은주(2021). 성별과 남녀공학 학교환경에 따른 청소년의 사회적 의사소통 능력 프로파일 차이와 변화분석: 중학교 2학년에서 고등학교 1학년 종단연구. *한국언어청각임상학회지*, 26(2), 366-391.

이정민, 신영준(2014). 융합인재교육(STEAM) 수업에서 초등교사들이 겪는 어려움 분석. *초등과학교육*, 33(3), 588-596.

이지운, 심규철(2019). 문제중심 STEAM 프로그램이 고등학생의 과학 관련 태도와 STEAM 수업에 대한 인식에 미치는 효과. *생물교육*, 47(1), 59-71.

이진숙, 김은주(2019). 융합인재교육 실행의 문제점과 개선방안에 대한 초등교사의 인식. *초등교육연구*, 32(3), 327-355.

- 임경선(2011). 중·고등학생들의 과학에 대한 학습 동기 분석: 자기 조절 학습에 영향을 미치는 동기유형 중심으로. 석사학위논문. 이화여자대학교 교육대학원.
- 임유나(2012). 통합 교육과정에 근거한 융합인재교육(STEAM)의 문제점과 개선 방향. 초등교육연구, 25(4), 53-80.
- 조경숙(2015). 공학설계활동과 팀 내, 팀 간 협력 기반 고등학생 공학 캠프 프로그램 운영 사례: 식물공장을 주제로. 공학교육연구, 18(3), 46-58.
- 최윤희(2021). 융합 인재 교육 경험을 가진 중등 과학 교사들의 공학적 설계에 대한 인식 탐색. 과학교육연구지, 45(3), 364-378.
- 한국과학창의재단(2022). 융합인재교육 STEAM 교수학습 준거. Retrieved from https://steam.kofac.re.kr/?page_id=34#
- Andrews, M., Patrick, A., & Borrego, M. (2021). Engineering students' attitudinal beliefs by gender and student division: a methodological comparison of changes over time. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-13.
- Apedoe, X., Reynolds, B., Ellefson, M., & Schunn, C. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 454-465.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education K-12 classroom. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Dugger, W. (2010). Evolution of STEM in the United States. In *Technology Education Research Conference*, Queensland.
- Goonatilake, R., & Bachnak, R. A. (2012). Promoting engineering education among high school and middle school students. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(1), 15-21.
- Hasso Plattner Institute of Design at Stanford. (2021). An introduction to design thinking process guide. Retrieved from <https://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf>
- Hjalmarnson, M. A., & Lesh, R. A. (2008). Engineering and design research: Intersections for education research and design. *Handbook of Design Research Methods in Education*, 96-110.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1), 2.
- Morrison, J. (2006). Atributes of STEM Education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*, 20, 2-7.
- NASA. (2021). Engineering Design Process. Retrieved from <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html>
- NGSS Leas States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academy Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2018). The future of education and skills: Education 2030. OECD [Online]. Retrieved from <http://www.oecd.org/education/2030-project/>
- Roehrig, H. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Simpkins, S. D., Davis-Kean, P. E., & Eccles, J. S. (2006). Math and science motivation: A longitudinal examination of the links between choices and beliefs. *Developmental Psychology*, 42(1), 70-83.
- Yakman G. (2010). What is the point of STEAM? A brief overview. *steam: A framework for teaching across the disciplines*. *STEAM Education*, 7, 1-9.
- Zhan, W. (2014). Research experience for undergraduate students and its impact on STEM education. *Journal of STEM Education*. 15(1), 32-38.

임희준, 경인교육대학교 과학교육과 교수(Heejun Lim; Professor, Gyeongin National University of Education).

허진석, 축석초등학교 교사(Jinseok Heo; Teacher, Chuksuk Elementary School).

† 유지연, 경인교육대학교 과학교육과 강사(Jiyeon You; Instructor, Gyeongin National University of Education).