

수학을 기반으로 하는 STEAM 아웃리치 프로그램 개발과 효과성

황선옥(승실대학교)
김남준(서울불암초등학교)
손정숙(한밭대학교)
송원희(승실대학교)
이갑정(성수중학교)
최성자(승실대학교)
유경훈(승실대학교)[†]

우리나라의 창의성교육과 관련하여 학생들의 종합적 사고력과 논리력을 키우기 위해 융합(STEAM)교육에 대한 연구가 활발하다. STEAM의 각 요소들은 서로 연결되어 종합적으로 문제해결 할 수 있는 능력으로서 창의적 사고를 필요로 한다. 또한 이런 활동과 경험은 교실을 벗어난 다양한 현장에서 이루어져야 한다. 초·중고등 학생들에게 다양한 수학 창의활동 교육이 강조되기는 하였으나 학교 현장에서는 교과 학습에 편중되는 경향이 있어 창의적인 융합적 사고를 키우기 어려운 실정이다.

이 연구는 초·중고등 학생들의 흥미를 극대화하고 수학을 바탕으로 창의적인 사고를 할 수 있는 STEAM의 요소를 기반으로 학교의 장을 벗어나서 경험할 수 있는 아웃리치 교육 프로그램을 개발하는 과정과 그 효과성을 분석하는 데 그 목적이 있다. 그 결과, 흥미나 만족도가 높은 수준이었으며 STEAM 역량 전체점수 및 융합교육 인식은 초, 중, 고 모든 학생들에게 의미 있게 증가하였으며 학교급 별로 하위요인은 약간씩 다른 결과를 나타내었다. 이 연구에서 개발된 STEAM 아웃리치 프로그램은, 학생들이 수학 교과에 대한 흥미를 높임과 동시에 수학 관련 분야의 진로를 정할 때 도움이 되는 활동을 제공하고 있으며, 학교 현장에서 쉽게 접할 수 없는 다양한 활동들을 활용한 흥미 있는 창의적 STEAM교육 자료로 활용될 수 있을 것이다.

I. 서론

융합(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics: STEAM)교육은 기존의 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics: STEM)교육에 예술(Arts)을 추가하여 과학 수업에 예술적 교육 기법을 접목하고자 하는 융합적인 교육 방안이다. 예술은 디자인과 기술의 측면에서의 국가 경쟁력을 의미한다. 미래학자 Daniel Pink(2006)는 21세기의 인재가 갖춰야 할 기본 능력으로 디자인, 스토리텔링, 조화, 공감, 놀이, 의미를 강조하였다. 예술교육은 이러한 여섯 가지 능력과 더불어 타인과 조화로운 창조적 인성의 형성 효과를 가진다. 예술교육에서 활용하는 각종 상상의 도구들은 창의성 교육 차원에서 유용하며, 예술교육의 힘은 관찰, 상상, 창의, 표현, 구성, 통합이다(이대영, 2010). 이러한 교육의 시작점이 된 미국의 초·중등학교 STEM교육은 국

* 이 논문은 한국과학창의재단의 “2016년 STEAM 아웃리치 프로그램 개발·운영” 과제 수행의 결과를 바탕으로 하였음.

* 접수일(2017년 8월 12일), 심사(수정)일(1차:2017년 10월 4일, 2차:2017년 10월 23일), 게재확정일(2017년 10월 27일)

* ZDM분류: B60, C20

* MSC2000분류: 97B60, 97U30

* 주제어: STEAM교육, 아웃리치 프로그램, 수학교육

[†] 교신저자: lewkh@ssu.ac.kr

가경쟁력 향상을 위하여 국가 수준의 과학 및 수학 성취도 평가에서의 학업성취도 향상, 그리고 일반 학생과 여성 및 소수 인종의 이공계 진로 선택을 유인하고자 시작하였다. 즉 질적, 양적으로 창의적인 이공계 과학기술인력 양성을 위한 것이다.

교육과학기술부는 2011년 추진 업무보고에서 ‘과학기술-예술융합(STEAM)교육’ 강화를 제시하였고, STEM교육에 예술을 포함한 STEAM교육을 주요 정책으로 발표하였다. 국가 경쟁력의 자산인 미래 과학기술 발전을 주도할 창조적이고 융합적인 인재 양성을 위해 초·중등학교 수준에서부터 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 융합적 사고와 문제해결능력을 배양할 수 있는 STEAM교육이 필요하다(교육과학기술부, 2010).

최근 우리나라를 포함한 여러 나라의 과학기술 관련 교육 분야에서 많은 관심을 받고 있는 STEAM교육은 미래 과학기술 사회가 요구하는 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 등 다양한 분야의 융합적 지식을 기반으로 학생들의 과학기술에 대한 이해·흥미·잠재력을 제고하여 창의성, 직관력, 감성과 예술적 감각의 신장을 포함하는 총체적인 접근에 기초하고 있다.

그러나 창의적 융합인재 양성에 초점을 두고 있는 STEAM교육에 대한 근본적인 이해와 구체적인 방법과 실천적 모형은 일관된 정의와 실제적 교육모형이 존재하지 않는 실정이다(한국과학창의재단, 2016). 즉, 우리나라 교육과 사회 환경에 적합한 STEAM교육은 무엇이며 이러한 교육이 왜 중요한가, 융합형 학문은 기존의 학문들과 어떻게 다른지 또는 어떠한 방법으로 이를 실행해야 하는가 등과 같은 STEAM교육을 위한 개념 정립 혹은 그 목표의 설정에 대한 구체적인 답변을 위해 다양한 접근과 많은 연구가 필요하다고 할 수 있다.

STEAM교육의 지속성과 확장을 위한 아웃리치 프로그램 개발 및 운영기관의 필요성으로, STEAM 수업을 실행하려면 교사가 평소 교과 수업보다 더 많이 연구하고 준비해야 한다는 점을 들 수 있다. 따라서 STEAM 아웃리치 프로그램은 STEAM교육을 학교에서 계속 운영하고 싶어 하는 관리자와 교사들에게 매우 필요한 프로그램의 하나라고 할 수 있다. 사회 및 생활에 중점을 두는 학습의 변화에 맞게 STEAM 아웃리치 프로그램을 개발하여 자세한 프로그램 내용과 지도방법에 대한 안내서 및 활동지를 제공하는 것은 교사들이 학생들과 더 많은 시간을 교육프로그램 개발이 아닌 교육활동에 집중할 수 있도록 한다는 점에서 매우 고무적인 일이라 할 수 있다. 또한 학생들은 학교 이외의 기관을 방문하여 STEAM 아웃리치 프로그램을 경험하게 됨으로써 호기심과 새로운 도전감을 느낄 수 있다(고지훈, 2014; 서원석, 이창훈, 2015). 이런 관점에서 교사가 STEAM 아웃리치 프로그램을 선택할 때 융합적인 교육에 대한 판단의 근거를 제공하고 간단한 절차를 통해 숙련된 강사에 의해 학생들에게 양질의 프로그램을 제공하는 운영기관 및 운영프로그램의 보급이 요구된다고 할 수 있다.

II. 이론적 배경

최승현, 박상욱, 황혜정(2014)의 연구결과에 따르면 2000년 이후의 PISA 및 TIMSS의 과학과 수학성취도의 결과에서 우리나라는 국제 수학과 과학 학업성취도 결과는 매우 높게 나타났으나 학습에 대한 일반적인 흥미와 즐거움 및 자신감, 그리고 수학의 즐거움과 자신감 영역에서는 전체적으로나 우수 학생 집단에서나 모두 매우 낮은 등수로 나타났다. 뿐만 아니라 과학에 대한 인식은 일반적인 가치, 개인적인 가치, 자아 효능감, 자아개념과 외적 동기에 대하여 전체 학생 집단에서 음의 점수대로 나타나고 부정적으로 인식되고 있는 것으로 조사되었다. 이러한 경향성은 우리나라의 교육이 학생들의 학습의욕을 자극하는 정서적인 요인과 동기적인 요인에 대한 인식이 부족함을 보여주는 것으로, 수학이나 과학 등에 관련된 학생들의 흥미나 자신감과 같은 정의적 영역과 가치와 효능감에 대한 교육적 관심이 절대적으로 필요하다는 것을 의미한다.

한편, 우리나라는 STEAM교육에 대한 정의가 명확하게 내려진 것 없이 STEAM교육을 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과 내용의 물리적 통합으로 이해하고 이를 산발적으로 적용하고 있는 실정이기 때문에(한국과학창의

재단, 2012), 우리의 교육 환경에 적합한 STEAM교육은 무엇이며 이것이 우리에게 왜 중요하고 어떻게 다르며 어떻게 실행해야 하는가 등에 대한 고찰이 필요하다.

외국에서 이루어지는 융합인재(STEAM)교육의 사례로 미국의 NASA 교육 프로그램을 들 수 있다. 이는 NASA에서 수행하고 있는 우주탐사 관련 연구주제 및 기술이 초·중등교육과정의 수학·과학·기술 등의 수업시간에 다루어질 수 있도록 'NASA 과학교육표준(NASA Science Education Standards)'과 'NASA 우주공학 교육과정'을 마련하였으며, 이에 근거하여 매년 새로운 연구주제 및 기술에 관한 교육 프로그램을 개발하여 적용하고 있다.

다음으로는 NSRC(National Science Resource Center) 프로그램으로, 지식 전달 및 개념 이해 중심의 과학교육에서 과학하기(doing science)와 과학 말하기(talking science)를 강조하기 위해 일상생활 주제 중심의 과학교육 프로그램 STC(Science and Technology for Children)와 STC/MS(Science and Technology Concepts for Middle School)를 운영하고 있으며 계속적으로 새로운 주제를 추가하며 개발을 진행하고 있다.

MSP(Math and Science Partnership) 프로그램은 미국의 NSF(National Science Foundation)에서 지원하고 있는 프로그램으로, 우수 교사 및 연구소의 STEM 전문가와의 파트너십 구축을 통해 수학/과학 교사의 전문성 향상을 위해 개발되었으며 수학과 과학교육에 대한 발전된 방법을 개발하여 해당 지역의 초·중등학교 및 대학들의 수요자들에게 개혁방안, 지원방안, 관련된 자료들을 제공하고 있다.

유럽지역(EU)의 융합인재(STEAM)교육 추진 동향을 살펴볼 수 있는 대표적인 사례로서 '피보나치 프로젝트(Fibonacci Project)', 'PATHWAY 프로그램', 'INQUIRE 프로그램' 등을 들 수 있다. 피보나치 프로젝트는 유럽 전역에서 36개 기관(12 reference centers, 24 twinning centers)이 컨소시움을 구성하여 탐구 기반의 수학·과학교육(IBSME: Inquiry-Based Science and Mathematics Education) 프로그램을 공동으로 개발하고 각 센터를 지역별 거점으로 삼아 현장에 보급한다. PATHWAY 프로그램은 초·중·고등학교에 연구 및 탐구, 문제제기에 기초한 과학교수법의 확산을 촉진하기 위하여 연구 및 탐구에 기초한 교수법 교사연수 프로그램을 운영하며, 과학교육 연구, 교사커뮤니케이션 분야의 전문가와 과학자와 연구원, 정책 입안자, 교육과정개발자를 지원한다. INQUIRE 프로그램 역시 STEAM교육 프로그램으로, 탐구 기반 과학교육(IBSE: Inquiry-Based Science Education)의 교수법 습득을 위해 교사들에게 1년 기간의 교사연수 과정을 제공하며 14개의 식물원과 역사박물관에서 유럽의 문화와 제도를 배우는 프로그램이다. 이 프로그램은 특별히 학교를 벗어나서 실시되는 아웃리치 프로그램의 성격을 띠고 있다고 할 수 있다.

국내에서도 STEAM교육과 관련하여 다양한 연구와 프로그램 개발이 이루어지고 있는 실정이다. 김남준(2013)에 의하면 융합인재교육은 우리나라의 미래 과학기술 발전을 주도할 융합적인 인재 양성을 목적으로 2011년부터 교육과학기술부의 중점추진과제로 설정되었으며 우리나라의 향후 국가 경쟁력과 미래인재 양성을 위한 교육이다. 또한 융합인재교육(STEAM)에 대한 정의는 학자들마다 의견은 분분하지만, 기존 교과교육에 대한 새로운 패러다임의 전환을 반영한 것임에는 틀림없으며 이공계 과목으로 여겨졌던 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics)이 서로 상이해 보이는 예술(Arts)과 만남으로써 전혀 다른 새로운 영역을 제시하였다는 데 큰 의미가 있다고 주장한다. 백운수 외(2012)는 교육부와 한국과학창의재단의 '융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구'를 통하여 STEAM 교육에 대한 개념적 정의를 "융합인재교육(STEAM)은 다양한 분야의 융합적 내용을 창의적 설계(Creative Design)와 감성적 체험(Emotional Touch)으로 경험함으로써 과학기술과 관련된 분야의 융합적 지식, 과정, 본성에 대한 흥미와 이해를 높여 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양(STEAM Literacy)을 갖춘 인재를 양성하는 것"이라고 하였다.

한국과학창의재단의 한 보고서(2013)에 의하면 2012년 초에 발표된 정부의 "수학교육 선진화 종합대책"과 2015년의 "제2차 수학교육 종합 계획"은 바로 이와 같은 수학교육의 본질적 목적과 기능을 강화하기 위한 정책

으로 이해할 수 있으며, 이 중의 “생각하는 힘을 키우는 수학”에서 “교과목간 통합 교수학습”을 장려한다는 대책의 관점에서 융합인재교육(STEAM)의 핵심인 수학적 사고력을 개발시킬 수 있는 프로그램 개발의 중요성과 필요성을 인식해야 한다고 주장한다.

STEAM교육 프로그램에서 수학적 요소의 강화 배경으로서 학교에서 수학을 가르치는 중요성과 필요성에 대해 다음과 같이 강조하고 있다(황선옥 외, 2013). 학교에서 수학을 가르치는 목적의 하나는 수학적 내용과 지식을 습득하는 것이며 두 번째는 생각하는 방법과 기술을 익히는 것이다. 많은 교사와 학생들은 첫 번째 목적인 수학적 내용과 지식의 습득만을 생각하여 수학을 직접 필요로 하지 않는 분야에서 일하게 될 학생들에게까지 수학을 왜 가르쳐야 하는지에 대해 의문을 품는다. 그러나 이는 수학이 논리적이고 객관적인 과학적 의사소통의 언어로서의 역할을 하며 여러 가지 문제해결의 기술적 도구로서의 역할을 하는 중요한 기능을 한다는 점을 간과하고 있기 때문이다. 여기서 말하는 “과학(science)”은 좁게는 자연과학이나 공학을 뜻하지만 넓게는 인문과학이나 사회과학뿐만 아니라 학문적 계통성을 가진 모든 분야를 포함하며, “문제(problem)”란 좁게는 수학교과에서 다루는 수학적 문제를 뜻하지만 넓게는 형식적이든 비형식적이든 일상생활이나 사회생활에서 부딪치는 모든 형태의 문제를 뜻한다. 서동엽(2014)은 수학적인 관점에서 STEAM교육은 수학교육이나 창의성과 연관되어 논의할 때가 왔다고 하였으며 수학적 사고와 관련된 융합교육에 대한 기초연구가 매우 필요하다고 하였다.

융합인재교육(STEAM)의 프로그램 개발과 적용 및 효과성에 관한 국내 연구들을 살펴보면 교육과학기술부가 2011년 STEAM 연구시범학교를 지정하여 STEAM교육을 실시하였는데, 한국과학창의재단 주관 하에 2012년 ‘융합인재교육(STEAM) 효과성 분석 연구’에 의한 효과성 평가를 통하여 과학에 대한 흥미, 자기주도적 학습능력, 창의·융합적 사고력 등 세 가지 분야에서 학생들에게서 유의미한 효과가 있는 것으로 나타났다(한국과학창의재단, 2013). 그러나 이 연구는 주로 과학을 중심으로 이루어진 연구임을 알 수 있다. ‘과학 선호도’의 차원에서는 ‘과학에 대한 호기심’, ‘과학 학습에 대한 흥미’, ‘과학에 대한 가치 포용’, ‘과학 학습에 대한 신념’, ‘과학 관련과제 실행 의지’, ‘과학 관련 진로 선택 의지’ 등 6개 조사항목에서 전반적으로 유의미한 향상이 발생하였으며 그 중에서도 ‘과학에 대한 가치 포용’ 항목에서 가장 긍정적인 반응이 나타났다. ‘자기주도 학습능력’ 차원에서는 STEAM 수업을 경험한 학생들의 능력이 분명히 향상되었는데, ‘주도적 학습능력’, ‘인지적 전략’, ‘학습 동기’, ‘문제해결 의지’, ‘도구 활용’, ‘협업능력’ 등 6개 조사항목 중에서는 ‘협업능력’ 항목에서 가장 긍정적인 반응이 발견되었다. ‘창의·융합적 사고력’ 차원에서도 STEAM교육을 받은 학생들이 일반 학생들에 비해 문제해결능력이 높아졌다.

김순화, 함성진, 송기상(2014)은 초등 고학년들을 대상으로 컴퓨팅 사고력기반 융합인재교육의 현장 적용을 통해 그 효과성을 분석하였는데, 실험집단의 경우 융합적 사고력의 하위 요인인 과학선호도와 자기주도적 학습능력이 유의미하게 향상되었다.

한혜숙(2013)은 STEAM 교수-학습 프로그램 개발과 관련 논문들을 수집하여 분석하였고, 중학교 2학년 학생들을 대상으로 활용할 수 있는 수학교과 중심의 STEAM 교수-학습 프로그램을 개발하였다. 분석의 대상에 포함된 19편의 수학교과 중심의 STEAM 교수-학습 프로그램 관련 논문에는 ‘상황제시’, ‘자기 문제화’, ‘새로운 도전’, ‘자기 평가’의 요소가 적절하게 반영되지 않은 프로그램이 다수 있는 것으로 나타나 이러한 요소에 중점을 두어 중학교 2학년 학생들에게 적용할 수 있는 수학교과 중심의 STEAM 교수-학습 프로그램을 개발하였다. 그러나 효과검증은 하지 않았다.

전미숙, 박문환(2015)의 연구에 의하면 초등학교 1학년을 대상으로 융합인재교육(STEAM)을 적용한 수학 프로그램을 적용하여 수학 교과에 대한 학습 동기, 창의적 인성에 미치는 영향을 살펴본 결과 STEAM 프로그램을 진행한 수학 수업은 1학년 학생들에게 수학 교과에 대한 학습동기와 창의적 인성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났으며, 융합인재교육 프로그램에 대한 꾸준한 자료 개발의 필요가 있다고 주장하였다.

이승우, 백종일, 이정곤(2013)은 STEAM 교육을 적용한 초등 수학영재교육 프로그램을 개발하고 융합인재교

육(STEAM)을 적용한 수학 영재 프로그램에 대한 만족도를 설문을 통하여 분석한 결과, 학습 내용과 학습 활동에 대한 만족도는 높았으나 학생용 수업자료의 구성에 대한 만족도는 낮았으며, 수학 영재 프로그램 학습내용 중 흥미로웠던 부분과 어려웠던 부분은 모두 'STEAM 학습 내용의 수학적 원리'라고 응답하였다. 또한 질적 증거 자료를 수집하여 분석한 결과, 학생들이 수학적 영역 중에서 각과 속도에 관련된 부분에서 창의력과 문제해결능력이 증진된 것으로 확인되었다.

아웃리치 프로그램(Outreach Program)의 성격을 살펴보면 'Outreach'는 사전적으로 '보다 멀리 미치다'라는 뜻으로 지역사회 안에서 지역주민에 대한 기관의 적극적인 봉사활동을 말한다. 정의하자면, 관외에서 진행되는 프로그램을 의미하며 봉사, 홍보, 교육 등의 목적을 가지고 수요자에게 직접 찾아가는 적극적인 운영방식이라 할 수 있다.

교육학적 관점에서는 '과건교육'이라는 표현을 쓰기도 하며 학교교육 중심 관점에서는 학교나 대학에서 그가 속해 있는 지역사회를 둘러싼 여러 상황들을 이해하고 학교와의 관계를 개선하기 위해 수행되는 교육활동을 말한다. '아웃리치교육'은 지역사회와의 연계에 기반을 둔다는 점, 찾아가는 교육이라는 점, 참여자 중심 교육이라는 특징을 지닌다(김보람, 2013).

STEAM교육에서 아웃리치 프로그램은 아웃리치교육 프로그램으로 볼 수 있는데 '학교가 아닌 외부의 교육기관에서 STEAM활동을 경험하는 것'을 말한다. 초·중·고등학교에서 외부의 기관을 직접 방문하여 그 기관의 시설이나 기자재 및 자체 개발한 교육 콘텐츠 등을 활용한 체험활동을 통해 전문적이고 차별화된 교육의 기회를 제공하는 프로그램으로, STEAM교육에 대한 인식 제고와 잠재적 고객에게의 홍보 및 지역 구성원을 위한 교육을 통해 지역사회 발전에 이바지하고자 함을 목적으로 한다.

III. 연구방법

1. 교육과정 개발

수학을 기반으로 하는 STEAM교육의 적절성을 살펴보면 S대학교 창의성연구소는 우리나라에 STEAM교육이 도입되기 전인 1999년부터 '수학적 활동을 통한 창의성 개발'을 목적으로 교과/학문의 융합적, 창의적 수학교육 프로그램을 운영하고 있으며, 이런 관점은 지난 2007 개정 교육과정부터 꾸준히 학교 수학교육에 적용되어 왔다.

미국의 STEM교육을 모델로 하고 있는 우리나라의 STEAM교육은 대부분 S, T, E, A, M의 요소를 S+T, S+M, T+E, S+A+M 등과 같이 병렬적으로 결합하는 프로그램을 주로 개발하기 때문에, 과학, 기술 또는 공학 분야에서 STEAM교육을 주도하고 있다. 과학, 기술, 공학은 물론이고 예술 분야에서도 컴퓨터 성능의 발전과 필요성으로 인해 기존의 학습방식인 암기를 위주로 하는 인간의 학습활동에서 창의적으로 사고하는 능력을 신장시킬 수 있기 위한 노력을 계속해왔다. 이상에서와 같이 사고훈련(Design Thinking) 또는 기술적 문제해결의 도구로서의 수학적 소양과 지식은 개인과 조직뿐만 아니라 국가 경쟁력의 필수 요소라고 할 수 있다.

지금까지 개발된 STEAM 아웃리치 프로그램 사례를 보면 대부분의 프로그램이 S, T, E, A의 융합으로서 대부분 M(Mathematics)의 요소가 부족함을 알 수 있다. 이것은 STEAM교육 프로그램을 개발할 때 수학(교육) 전문가의 참여가 적극적으로 이루어지지 않기 때문으로 판단되며, 또한 수학(교육) 분야에서 주도하는 STEAM교육 프로그램 개발에서는 T와 E가 상대적으로 약화되어 있음을 알 수 있다(서원석, 이창훈 2015; 전미숙, 박문환 2015).

한편, 미국의 STEAM교육 전문가인 Yakman(2010)은 STEAM교육을 '수학적 요소 안에서(based in) 공학과

1) 설문지 개발

S대학교 창의성연구소에서 사용하고 있는 자유학기제 설문지 체계를 바탕으로 기존에 개발된 아웃리치 프로그램의 운영 매뉴얼을 참고하여 교육의 효과를 높일 수 있도록 STEAM 역량검사를 개발하여 사전·사후에 학생들을 대상으로 실시하였으며 만족도 문항을 사후검사에 포함시켰다. 또한 수업진행 교사 및 인솔교사를 대상으로 하는 기관용 설문지를 개발하였다.

STEAM 역량검사는 학교급별 교육 프로그램의 효과성 분석을 위한 초·중·고등학생용 설문지와 기관용(교사용) 대상의 4가지 유형으로 구성하여 설문지를 개발하였다. 아웃리치 융합교육의 인식과 흥미도, 창의적 문제해결력, 협동심, 동기유발, 진로(고등학교), 수업만족도(사후설문) 등 교육내용 이해에 대한 문항, 아웃리치 융합 수업에 대한 만족도 및 태도 변화 등을 묻는 문항으로 구성되어 있으며 융합교육 전문가 3인의 자문을 받아 타당도를 확인하였다.

학교급별 검사도구의 문항구성 및 내용은 다음 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 검사도구 문항구성

	초등학교	중학교	고등학교	기관
융합교육인식	1, 2	1, 2	1, 2	흥미 및 만족도 (사후설문만 실시)
흥미도	3, 4, 5, 6, 7	3, 4, 5, 6, 7	3, 4, 5, 6, 7	
창의적문제해결력	8, 9, 10	8, 9, 10	8, 9, 10	
협동심	11, 12, 13	11, 12, 13	11, 12, 13	
동기유발	14, 15	14, 15	14, 15	
진로	-	-	16, 17, 18, 19	
만족도	사후설문 5문항	사후설문 5문항	사후설문 5문항	

2) 연구대상 및 절차

이 프로그램에 참여한 수도권 지역 학생 427명(초등학생 67명, 중학생 308명, 고등학생 52명) 중에서 사전사후 설문을 완전하게 응답한 학생 수는 368명(초등학생 55명, 중학생 265명, 고등학생 48명)과 교사 35명이다. 프로그램을 실시하기 전과 후에 검사를 실시하였으며 시간은 약 10분 정도 소요되었다.

3) 자료 분석

수집된 자료를 분석하기 위해 통계프로그램 SPSS 22.0을 사용하였다. 측정도구의 신뢰도를 확인하기 위하여 Cronbach's α 를 산출하였으며 내용타당도를 위해 수학교육전문가 및 현장교사 2인과 창의성교육 전문가가 내용타당도를 검토하였다. 프로그램 실시 전과 후의 변화를 알아보기 위하여 평균비교분석 중 대응표본 t-test를 실시하였고 만족도를 알아보기 위하여 기술통계를 실시하였다.

IV. 연구결과

1. 프로그램 및 학생 활동지 개발

연구를 진행하는 과정에서 학교급별 학생 활동지 내용을 선정하고 적절한 분량을 선정할 때 진로연계, 구체적 조작능력 함양, 과학적 탐구능력 향상 등을 보완하는 내용 요소와 STEAM 증거 틀이 적용되는 체계를 고려하였으며, 개발 대상 주제와 소재에 대한 타당성을 현장적용과 전문가 자문을 통해 검증하였다.

수학적 활동을 통한 창의성 개발을 위해 S대학교 창의성연구소의 기존의 활동 및 경험을 바탕으로 수학적 탐구가 기반이 되는 STEAM교육 소재를 발굴하되, 대학이란 기관의 특성을 살리는 취지에서 창의성연구소에서 주관하는 “어린이날 창의력체험축제”에서 다루는 과학 탐구활동 중에서도 소재를 검토하였다. 개발된 프로그램 들은 현장에 적용하여 학생들과 교사들의 반응을 관찰하고 설문 결과의 결과를 바탕으로 융합적 사고를 키울 수 있고 STEAM교육에 대해 긍정적인 효과가 드러나는 내용으로 구성하였다.

현대사회에서 디자인의 사전적 의미는 수립한 계획을 목적에 맞게 설계하고 발전시켜 나가는 것 또는 그 과정, 인간생활의 목적에 따라 실용적이고 미적인 조형을 계획하고 표현하는 것, 목적물에 관한 이미지를 실현하는 행위, 이미지의 실체화 과정 등으로 제시하고 있다. 디자인을 하는 이유는 기능성과 심미성의 조화를 통해 인간의 근본적인 생활을 보다 더 윤택하게 하고, 편리함과 아름다움을 창조하는 데 그 목적을 둔다. 따라서 디자인에서 가장 중요한 것은 표현력과 창의력이다. 이와 같은 프로그램의 성격을 잘 드러내기 위하여 각 주제의 명칭을 ‘~ 디자인하기’로 통일했으며, 학생들의 진로 탐색에 도움을 주기 위하여 활동지의 마지막에 [진로 탐구]를 따로 제시하기로 했다. 학생 활동지의 형식은 표지를 포함하여 8~12쪽의 책자로 구성하였다.

또한 과학적 요소의 보장을 위하여 전문가 자문 및 자체 검토를 통해 초기에 선정했던 ‘최단경로 디자인하기’를 ‘착시현상 회전판 디자인하기’와 ‘충격흡수 구조물 디자인하기’로 교체하였다. ‘착시현상 회전판 디자인’은 Arts의 기능을 좀 더 강조하는 뜻에서 학생들이 좋아하는 애니메이션의 원리를 탐구하는 데 효과적인 소재를 초등학교 5~6학년 대상으로 적용하였다(안재홍, 권난주, 2015). 한편, ‘충격흡수 구조물 디자인하기’는 미국 NASA에서 Apollo 11호 달착륙선을 모델로 STEAM교육을 위해 개발한 소재를 우리나라 교육과정의 내용과 수준에 맞도록 조정하여 중학교 1~3학년 대상으로 만든 프로그램이다. 이와 같은 과정을 통해 최종적으로 선정하여 개발한 주제는 다음 <표 IV-1>와 같다.

<표 IV-1> STEAM 아웃리치 프로그램의 최종 주제

명 (대상)	내 용(차시)
건물 디자인 하기 (초3~4)	건물의 건축과정을 예를 들어 설계도의 필요성에 대해 공유하고, 모듈화 되어 있는 건축물의 장점에 대해 이야기 나누는 과정을 통해 주어진 활동이 과학 및 공학에 연계되어 있음을 학생들이 자연스럽게 알도록 한다. 수학과 교육과정의 쌓기나무 관찰 활동을 모듈을 활용하여 활동해보면서 도형관찰의 한 부분인 입체의 위, 앞, 옆에서 본 모양이 설계도의 평면도, 입면도, 측면도임을 인식하고, 각자 만들고자 하는 건축물을 위, 앞, 옆에서 본 모양으로 설계하고 모듈로 표현해 본다. 끝으로 연구지치라는 가상의 공간에 각자 창의적으로 건물을 설계(디자인)하고 모듈을 이용하여 표현해본다. (2)
착시현상 회전판 디자인 하기 (초5~6)	일상생활에서 자주 접하는 착시현상을 주제로 다양한 착시 도형을 관찰하고 착시 도형을 만들어 보는 활동이다. 학생들은 빛의 굴절에 의해 착시현상을 경험하는데 착시현상 자체로도 흥미롭지만 착시 현상을 수학·과학적인 방법으로 접근하여 관찰하고 탐구하는 과정에서 능동적인 참여와 수학과 과학의 유용성도 경험할 수 있다. 또한 착시의 원리는 애니메이션, 영화, 건축 등 다양한 분야에 응용되고 있음을 활동을 통해 알게 되고, 그 바탕에 수학과 과학이 있음을 경험하게 된다. (2)
균형 잡 는 새 디자인 하기 (중1~3)	실생활에서 찾아볼 수 있는 구체적인 상황들을 통해 무게중심의 개념과 적용 원리를 살펴보고, 학생들이 특별한 몇 가지 상황을 통하여 무게중심의 위치를 직접 찾아볼 수 있도록 구성하고 있다. 또한, 여러 가지 상황에서 탐구한 무게중심의 원리를 이용하여 밀도가 균일하지 않은 도형의 무게중심을 찾는 활동을 하고, 이를 응용하여 학생들이 자신만의 균형 잡는 새를 디자인하여 만들고 각자의 아이디어를 발표하고 특징을 비교해본다. (2)

구조물 디자인하기 (중1~3)	충격흡수를 최소화하는 달착륙선의 모형을 디자인하기 위해, 착륙선에 실을 적재물을 골라서 무게를 계산하는 과정과 착륙선을 만드는 데 필요한 재료를 선택하는 활동을 하게 한다. 모듈별로 디자인하여 만든 착륙선의 구조를 비교하고 장단점에 대해 토론함으로써 각 모듈별로 차별화된 아이디어를 확인할 수 있다. 또한, 달 착륙 시 고려해야 할 점, 그 상황에 맞는 디자인 설계, 설계된 작품의 테스트 등의 과정을 거치면서 창의적 산출물이 나오는 일련의 과정을 경험하게 된다. (2~3)
별다면체 조명등 디자인하기 (고1~3)	인류의 역사와 문화 속에서 별모양이 갖는 의미를 알아보고 정다각형의 특징에 대해 탐구한다. 정다면체와 별모양 다면체 사이의 구조적 관계를 탐구하고 생활 속에서 사용되고 있는 별모양 다면체를 응용한 디자인에 대해 알아본다. 또한, 작은 별모양 십이면체 유닛의 구조를 탐구하고 이를 조립하여 조명등을 만드는 과정을 통해 볼록 다면체와 오목 다면체의 구조 사이의 공통점과 차이점을 이해한다. (2)

* ‘충격흡수 구조물 디자인하기’는 경우에 따라 2차시 또는 3차시로 운영할 수 있음.

2. 교사용 지도서 및 운영 매뉴얼 개발

1) 교사용 지도서

개발된 STEAM 아웃리치 프로그램의 내용이 학생들에게 잘 전달되어 기대했던 교육적 효과를 거두기 위해서는 교사용 지도서가 체계적으로 구성되어서 교사가 수업을 준비할 때 불편함이 없어야 한다. 이를 위하여 이 연구에서는 개발한 교사용 지도서를 각 프로그램 별로 분리해서 제작하였다. 제일 첫 부분에 이 프로그램에서 제공하는 아웃리치 프로그램 전체를 훑어볼 수 있도록 제시하였고, 수업계획서, 교수·학습지도안, 학생 활동지 해설, 평가 계획, 교사용 수업 자료 및 참고자료의 순서로 구성하였다. 또한, 끝부분에는 활동에서 사용되는 소재 중에서 교사와 학생들이 직접 활용할 수 있는 워크시트 형태의 전개도나 모듈 등을 별지로 첨부하였다.

수업계획서는 주제 선정 및 활동 의도와 기대효과, 교사가 이 프로그램을 지도하고 학생이 학습하는 데 필요한 배경 지식, 학생용과 교사용 준비물, 해당 프로그램에 관련된 수학과 교육과정을 제시하고 있다. 교수·학습지도안은 프로그램 적용대상과 차시, 학습목표를 제시하고 있으며, 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 단계별로 소요시간, 교수학습 활동 내용 및 해당 준비물을 교사가 프로그램을 진행하는 데 어려움이 없도록 자세하게 제시하고 있다.

학생 활동지 해설은 소주제별로 활동 목표를 구체적으로 제시하고 학생 활동지의 내용 전개 순서에 따라 활동 내용의 설명과 풀이 및 해답예시를 항목별로 자세히 설명하고 있다. 추가적으로 필요한 경우에는 사진자료와 유의사항 및 학습관련 자료를 제시하여 교사가 프로그램의 내용을 충분히 이해하고 수업을 진행할 수 있도록 하였다. 평가 계획에는 평가 기준과 방법을 제시하여 교사가 평가에 활용할 수 있도록 하였으며, 마지막에 수업 자료 및 참고자료를 제시하여 교사가 보충자료나 관련된 문헌을 찾아볼 수 있도록 하였다.

초등학교 3~4학년 대상의 ‘연구기지 건물 디자인하기’의 교사용 지도서에는 건축 과정에 대해 탐구하면서 설계도의 필요성을 인식하고, 모듈화 되어 있는 건축물의 장점을 알아보고, 정육면체와 직육면체 모듈을 조건에 맞게 쌓아보고 세 방향에서 본 모양을 분석할 수 있는 것을 학습목표로 설정하였다. 또한, 수학과 교육과정의 ‘[2수02-02] 쌓기나무를 이용하여 여러 가지 입체도형의 모양을 만들고, 그 모양에 대해 위치나 방향을 이용하여 말할 수 있다.’는 성취기준을 제시하고 있다. 건축의 과정을 이야기 하면서 설계도의 필요성을 인식하는 데 도움을 주고자 건축법에서 제시하는 건축의 과정을 소개하였고, 실생활 예제를 통해 모듈화 된 건축물의 장점에 대해 의견을 풍부하게 나눌 수 있도록 컨테이너 하우스와 세종과학기지 등에 대한 정보와 수업에 필요한 모듈 자료를 교사가 쉽게 준비할 수 있도록 별지의 형태로 제공하였으며 모듈을 접는 과정에서 유의사항과 교사의 역할을 자세히 서술하였다. 미리 만들어진 모듈을 활용할 때 필요한 활동판도 별지의 형태로 제시되어 있고, 활동

과정에서 한 가지 이상의 답이 나오는 경우에 그 이유와 상황을 예시로 분석하여 교사가 수업준비를 꼼꼼히 할 수 있도록 배려했다. 각자가 디자인한 연구기지의 특징을 발표하여 서로의 창의적인 아이디어를 칭찬할 수 있도록 하고 이 과정을 확장하여 건축 분야의 과정과 연계하여 사고를 확산할 만한 다양한 인터넷 자료를 볼 수 있는 웹사이트도 소개하였다. 마지막 평가 계획 부분에서는 활동을 진행하면서 각 단계별로 학생들이 성취해야 할 목표를 평가기준으로 제시함으로써 교사가 평가시점을 잘 판단할 수 있도록 하였다.

초등학교 5~6학년 대상의 ‘착시현상 회전판 디자인하기’의 교사용 지도서에는 수학과 교육과정의 ‘[2수04-02] 자신이 정한 규칙에 따라 물체, 무늬, 수 등을 배열 할 수 있다.’, ‘[4수02-05] 평면도형의 이동을 이용하여 규칙적인 무늬를 꾸밀 수 있다.’, ‘[4수02-06] 원의 중심, 반지름, 지름을 알고, 그 관계를 이해한다.’, ‘[6수02-03] 선대칭도형과 점대칭도형을 이해하고 그릴 수 있다.’를 성취기준으로 제시하고, ‘착시현상의 수학적 원리를 여러 분야와 연결하여 설명할 수 있다.’, ‘수학이 일상생활의 여러 분야에 적용될 수 있음을 알 수 있다.’, ‘착시의 원리를 활용하여 나만의 작품을 디자인할 수 있다.’를 학습목표로 설정하였다. 상황제시에서는 착시도형을 경험하고 일상생활에서 착시를 찾아보는 활동으로 전개하였다. 평평한 TV 화면 속의 그림이 입체로 보인다거나 물이 담긴 컵에 빨대를 넣으면 빨대가 휘어져 보이는 것을 관찰하는 활동을 통해 빛의 굴절에 의한 착시현상을 경험하게 하였고, 두 선분의 길이를 비교하는 활동을 통해 눈으로 관찰한 것과 실제 자로 재어 본 길이를 비교하면서 착시현상을 탐구하게 하였다. 창의적 설계에서는 ‘착시현상 구조 만들기’, ‘입체로 보이는 착시도형 디자인하기’, ‘움직이는 그림 관찰하기’, ‘움직이는 회전판 그림 디자인하기’ 등을 통해 착시에 대해 다양한 경험을 하도록 하여 여러 가지 교구를 활용하여 만지고 조작하는 활동중심 프로그램으로 구성하였다. 감성적 체험에서는 서로의 작품을 감상하고, 활동을 통해 알게 된 점을 이야기하는 과정을 통해 수업 내용을 공유하고 보다 확장된 사고를 경험하도록 구성하였다. 마지막 평가에서는 학생들이 착시도형을 관찰하고 그릴 수 있는지, 나만의 움직이는 그림을 창의적으로 표현하는지, 움직이는 그림을 만드는 과정에서 친구들과 협동하는지 등을 관찰평가와 수행평가를 통해 확인하도록 하였다.

중학생을 대상으로 하는 ‘균형 잡는 새 디자인하기’의 교사용 지도서에서는 수학과 교육과정의 ‘[6수04-04] 비례식을 알고, 그 성질을 이해하며, 이를 활용하여 간단한 비례식을 풀 수 있다.’, ‘[6수04-05] 비례배분을 알고, 주어진 양을 비례배분 할 수 있다.’, ‘[9수04-11] 삼각형의 외심과 내심의 성질을 이해하고 설명할 수 있다.’를 성취기준으로 제시하였고, ‘무게중심의 원리를 이해하고, 주어진 도형의 무게중심을 찾아볼 수 있다.’, ‘무게중심을 이용하여 나만의 균형 잡는 새를 디자인할 수 있다.’를 성취기준으로 제시하였다. 상황제시에서는 우리 주변에서 여러 가지 평형의 상황을 생각해보고 얘기를 나누고, 우리 몸의 무게중심에 대하여 체험해봄으로써 평형을 이루기 위한 무게중심의 역할을 경험해보게 하였다. 그리고 종이 모듈로 균형 잡는 새를 만들어 보고 어떻게 균형을 잡을지 무게중심의 원리를 생각해보게 하였다. 창의적 설계에서는 모빌의 원리와 평면도형의 무게중심의 원리를 탐구하도록 하였다. 더 나아가 불규칙한 도형에서 평형을 이루기 위하여 무게중심을 어디에 두어야 하는지 찾아보는 활동을 통해 무게중심의 원리를 이해하였는지 확인하도록 하였다. 앞에서 한 여러 활동을 통하여 이해한 무게중심의 원리를 이용하여 자신만의 균형 잡는 새를 디자인하고 직접 만들어보도록 구성하였다. 감성적 체험에서는 본인이 만든 새가 균형을 잘 잡는지 평가하고 서로의 작품에 대한 의견을 나누어보도록 한다. 그리고 더 나아가 생활 주변에서 무게중심 이동의 원리를 적용할 수 있는 상황에 관한 의견을 나누고, 진로에 관한 글을 읽고 무게중심과 평형에 관련된 분야에 대하여 생각해보도록 구성하였다.

‘충격흡수 구조물 디자인하기’ 또한 수학과 교육과정의 ‘[9수02-04] 방정식과 그 해의 의미를 알고, 등식의 성질을 이해한다.’, ‘[9수02-05] 일차방정식을 풀 수 있고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.’, ‘[9수02-09] 부등식과 그 해의 의미를 알고, 부등식의 성질을 이해한다.’, ‘[9수02-11] 미지수가 2개인 연립일차방정식을 풀 수 있고, 이를 활용하여 문제를 해결할 수 있다.’를 성취기준으로 제시하고 있다. 이 주제는 과학적 요소를 보완하기 위해 선정된 것으로, 앞에서 기술하였듯이 미국 NASA에서 교육용으로 개발한 내용을 우리나라 교육환경에 맞

게 재구성한 것이다. 달에 도착한 우주선이 충격흡수를 최소화하여 안전하게 착륙할 수 있는 형태를 디자인하고 제작하는 활동으로 구성되어 있는데, NASA에서 달의 중력이나 공기 저항 등의 물리적 요소는 감안하지 않았으며 다만 충격을 최소화 할 수 있도록 착륙선 자체의 구조를 고안하는 것을 이 활동의 목표로 설정하고 있다. 우주선이 착륙할 때 우주비행사의 충격흡수를 위한 디자인 설계에서 고려해야 할 점은 무엇인지 생각해보게 한다. 달은 미세먼지의 두꺼운 층으로 덮여 있는데 미세먼지가 어떤 상태인지 아무도 모른다. 달에 착륙하다가 미세먼지에 빠져 침몰할 수도 있다. 우리는 달착륙선이 미세먼지 층을 뚫고 안전하게 착륙하기 위한 충격흡수시스템을 어떻게 디자인할 것인지, 목표지점에 정확하고 안전하게 착륙하기 위해 탐사선은 어떤 구조를 가져야 하는지 이러한 점을 고려하여 제작하게 하는 데 그 목표가 있다. 이 활동은 크게 기본활동과 심화활동으로 나누어진다. 기본활동에서는 달 탐사에 필요한 적재물의 최대 무게를 초과하지 않고 실험 요건을 정확하게 따르면서 달 탐사 임무에 필요한 가장 많은 품목을 선택하는 정확한 계산능력을 훈련시킬 수 있다. 또한 이 과정에서 모듈별 토의를 통해 합리적 의사결정능력을 신장할 수 있다. 심화활동에서는 우주비행선이 착륙할 때 충격흡수시스템을 구축할 수 있는 설계를 통해 다양한 아이디어를 산출할 수 있다. 그리고 몇 번의 테스트 과정에서 재설계를 하며 디자인의 중요함을 알게 된다. 각 모듈별로 다양한 산출물을 내는 이러한 과정을 통해 확산적 사고력과 합리적 의사결정능력 그리고 창의적 문제해결력을 신장할 수 있다.

고등학생을 대상으로 하는 ‘별다면체 조명등 디자인하기’의 교사용 지도서에서는 별다면체의 구조 파악에 필요한 수학적 배경지식, 학습목표, 학습과정을 소개하였다. 학습목표는 별모양의 문화적 의미와 별다면체의 구조를 알고 정다면체와의 차이점에 대해 알아보고 별다면체 중 하나인 작은 별모양 십이면체를 이용하여 조명등을 만드는 것이다. 수학과 교육과정의 ‘[9수04-07] 다면체의 성질을 이해한다.’, ‘[12실수02-02] 미술작품에서 평면 및 입체와 관련된 수학적 원리를 이해한다.’, ‘[12실수02-05] 평면도형과 입체도형을 이용하여 산출물을 만들 수 있다.’, ‘[12수과02-01] 수학과 관련된 여러 가지 현상에서 탐구 주제를 선정하고 탐구 문제를 구체화할 수 있다.’를 성취기준으로 제시하고 있다. 별다면체는 인테리어, 다양한 장신구 소품에도 이용되고 있고 두 개의 정다면체가 결합된 구조로서 원자나 분자의 구조 파악에 도움이 된다. 작은 별모양 다면체를 만들 때 구조를 알면 더 잘 만들 수 있으므로 필요한 수학적 배경지식을 소개하고 있으며 조명등을 만드는 과정을 사진을 첨부하여 설명하고 있다. 작은 별모양 십이면체의 유닛을 부록에 첨부하였고 각 단계에 필요한 교사용 준비물도 제시하고 있으며 수업에 필요한 참고 자료를 찾아볼 수 있는 인터넷 사이트도 소개하였다.

2) 운영 매뉴얼

STEAM 아웃리치 프로그램에 관심을 갖는 기관에게 프로그램의 성격이 잘 드러나고 체험활동 신청이 편리하도록, S대학교 창의성연구소의 주요 사업 소개와 함께 융합인재교육(STEAM) 아웃리치 프로그램 및 프로그램 신청 방법 등의 내용을 포함한 8쪽의 운영 매뉴얼을 만들었다.

여기에는 간략한 기관 소개와 주요 사업 내용이 제시되어 있으며, 융합인재교육(STEAM) 아웃리치 프로그램의 개념과 특징을 소개하고 있다. 또한, 이 연구에서 개발한 프로그램에 대한 구성과 프로그램 신청 방법이 들어 있으며 설문지 문항과 신청서 양식을 수록하고 있어서, 이 프로그램에 관심 있는 교사들이 프로그램의 내용과 취지를 잘 이해하고 손쉽게 신청할 수 있도록 구성되어 있다.

3. 효과성 검증

STEAM 역량검사는 초등학생과 중학생은 15(20)문항, 고등학생은 19(24)문항, 기관용은 15문항으로 구성하였다. 초등학생 55명, 중학생 265명, 고등학생 48명을 대상으로 프로그램의 활동 전과 활동 후에 실시한 설문을 분석한 결과는 다음과 같다. 교사 35명을 대상으로 하는 기관용 설문은 사후에만 실시되었다.

1) 초등학생의 효과성 검증

초등학생 55명의 사전·사후 검사의 결과 차이는 다음 <표 IV-2>과 같다. STEAM교육 인식요인의 경우 ‘나는 융합교육이 무엇인지 말할 수 있다’와 ‘나는 융합이 일상에 적용된 사례를 말할 수 있다’가 등의 물음에 대한 점수가 의미 있게 상승하여 융합에 대한 인식이 개선되었음을 알 수 있다. 이는 통계적으로도 의미 있는 것으로 나타났다. t 값이 7.191($< .001$)로 나타나 사후의 인식이 사전의 인식보다 의미 있게 증가된 것으로 확인되었다.

한편 ‘나는 수학, 과학, 미술/음악, 실과 등의 학습내용과 관련된 직업에 흥미가 있다’ 등의 흥미관련 문항은 점수가 약간 낮아졌으며 창의적 문제해결력, 협동심, 동기유발 등의 하위요인은 점수가 약간씩은 증가하는 경향이었으나 통계적으로는 의미 있게 나타나지 않았다. 이는 짧은 차시의 활동이 모든 과목의 내용에 흥미를 불러일으키는 데 한계가 있음을 시사한다고 할 수 있다.

<표 IV-2> 초등학생의 대응표본 t -test

		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t-test</i>
사전	융합교육인식	2.86	1.28	7.191***
사후	융합교육인식	4.35	.72	
사전	흥미도	4.11	.90	.545
사후	흥미도	4.06	.92	
사전	창의적문제해결력	4.06	.92	1.548
사후	창의적문제해결력	4.28	1.06	
사전	협동심	4.20	.89	.258
사후	협동심	4.37	1.11	
사전	동기유발	4.22	.95	.167
사후	동기유발	4.24	.95	
사전	STEAM역량	3.89	.79	3.828***
사후	STEAM역량	4.25	.83	

*** $< .001$

2) 중학생의 효과성 검증

중학생 265명의 사전·사후 검사의 결과 차이는 다음 <표 IV-3>와 같다. 전체적인 점수는 사전점수 전체평균 2.86에서 사후점수 전체평균 3.76으로 높아졌으며 이는 통계적으로도 의미 있는($t=4.881$, $p < .001$) 증가였음이 확인되었다. 모든 하위요인에서 의미 있는 점수의 증가가 나타났는데, ‘나는 융합이 일상에 적용된 사례를 말할 수 있다’ 등의 융합교육에 대한 인식이 의미 있게 개선되었음을 알 수 있다($t=21.481$, $p < .001$). 또한 ‘일상생활이 수학, 과학 등 다양한 과목들과 연관된다는 사실은 재미있는 일이다’와 같은 흥미도의 점수도 의미 있게 증가되었으며($t=9.583$, $p < .001$), ‘나는 주변의 문제를 해결하기 위해 다양한 과목들의 지식을 잘 활용한다’는 창의적 문제해결력 하위요인의 점수도 증가하였다($t=7.242$, $p < .001$). 이는 우리의 일상과 융합이 밀접한 상관이 있음을 중학생들이 인식하는 계기가 되었다고 해석할 수 있다.

협동심의 경우 ‘생각이 다른 친구들과 의견을 나누는 것은 중요하다’ 등의 내용에도 의미 있는 증가가 나타났다($t=2.936$, $p < .01$). 이러한 결과는 중학생 프로그램의 내용에 또래들과 의견을 나누어 성공할 수 있도록 하는 경험이 포함되어 있음을 의미한다고 할 수 있다.

다음으로 ‘새로운 것을 알아가는 즐거움으로 공부한다’는 동기유발 하위요인의 경우도 의미 있는 증가가 있음을 확인하였다($t=3.949$, $p < .001$).

<표 IV-3> 중학생의 대응표본 t-test

(N=265)

	M	SD	t-test
사전 융합교육인식	2.35	1.07	21.481***
사후 융합교육인식	4.11	.88	
사전 흥미도	3.25	.90	9.583***
사후 흥미도	3.87	.86	
사전 창의적문제해결력	3.31	.87	7.242***
사후 창의적문제해결력	3.79	.94	
사전 협동심	3.66	.81	2.936**
사후 협동심	3.84	.87	
사전 동기유발	3.56	.88	3.949***
사후 동기유발	3.83	.92	
사전 STEAM역량	2.86	1.28	4.881***
사후 STEAM역량	3.76	1.25	

*** < .001, ** < .01

3) 고등학생의 효과성 검증

고등학생 48명의 사전·사후 검사의 결과 차이는 다음 <표 IV-4>와 같다. 전체적인 점수는 사전점수 전체평균 3.70에서 사후점수 전체평균 4.11로 높아져서 통계적으로 의미 있는 증가였음이 확인되었다(=4.717, $p < .001$). 융합교육의 인식, 창의적 문제해결력, 동기유발 등의 하위요인에서 의미 있는 점수의 증가가 나타났다. 융합이 일상에 적용된 사례를 말할 수 있는 등의 융합교육에 대한 인식이 의미 있게 개선되었음을 알 수 있다($t = 7.203$, $p < .001$). 또한, 주변의 문제를 해결하기 위해 다양한 과목들의 지식을 잘 활용할 수 있다는 창의적 문제해결력 하위요인의 점수도 증가하였다($t = 3.563$, $p < .01$). 이는 우리의 일상과 융합적 문제해결력이 밀접한 상관이 있음을 고등학생들이 인식하는 계기가 되었다고 해석할 수 있다. 다음으로 ‘새로운 것을 알아가는 즐거움으로 공부한다’는 동기유발 하위요인의 경우도 의미 있는 증가가 있었음을 확인하였다($t = 2.869$, $p < .01$). 이는 이 프로그램이 고등학생들의 융합교육 인식과 창의적 문제해결력과 동기유발에 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 한편 협동심의 경우 ‘생각이 다른 친구들과 의견을 나누는 것은 중요하다’는 의미 있는 증가가 나타나지 않았으며 ‘내가 관심 있는 주제와 관련된 다양한 지식을 아는 것은 나의 진로에 중요하다’는 진로 탐색의 경우도 의미 있는 결과가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 고등학생 프로그램의 내용에 동료들과의 의견을 교환하여 목표를 달성하거나 본 프로그램의 경험이 미래의 진로와 어떤 연관이 있는지에 대한 설명을 좀 더 적극적으로 제시할 필요가 있음을 시사한다. 또한 짧은 차시의 활동을 통하여 모든 과목의 내용에 대한 흥미 및 진로탐색에 있어서 긍정적 경험을 제공하는 데는 어느 정도 한계가 있음을 시사한다.

앞으로 고등학생들이 입시와 관련하여 그들의 현실적 요구에 부합하여 경험할 수 있도록 프로그램의 내용이 제시되어야 하며 진로의 다양성을 제시하는 프로그램의 필요성도 요구된다고 할 수 있다.

<표 IV-4> 고등학생의 대응표본 t-test

(N=48)

	M	SD	t-test
사전 융합교육인식	2.90	.79	7.203***
사후 융합교육인식	4.18	.74	
사전 흥미도	3.88	.60	.839
사후 흥미도	3.97	.59	
사전 창의적문제해결력	3.71	.72	3.563**
사후 창의적문제해결력	4.11	.66	
사전 협동심	3.94	.64	1.328

사후 협동심	4.10	.65	
사전 동기유발	3.84	.58	
사후 동기유발	4.12	.71	2.869**
사전 진로탐색	3.96	.67	
사후 진로탐색	4.19	.67	1.646
사전 STEAM역량	3.70	.50	
사후 STEAM역량	4.11	.53	4.717***

*** $p < .001$, ** $p < .01$

4) 만족도 설문 결과

초·중·고등학생용 설문내용 가운데 만족도에 해당하는 문항들을 살펴본 결과는 다음 <표 IV-5>과 같다. 초등학생들은 평균 4.11, 중학생들은 평균 4.06, 고등학생들은 평균 4.30으로 나타나 고등학생, 초등학생, 중학생의 순서로 만족도 점수가 높게 나타났다. 초등학생들은 '오늘 수업은 활동중심이어서 참여하는 시간이 많았다'는 문항에 대한 만족도 점수가 가장 높았으며, 중학생은 '오늘 수업은 이전에 해보지 못한 새로운 수업이었다'는 문항의 점수가 가장 높았으며, 고등학생은 초등학생과 같이 '오늘 수업은 활동중심이어서 참여하는 시간이 많았다'는 문항의 만족도 점수가 높았다. 초등학생들은 능동적으로 참여하며 적극적인 활동을 선호하는 경향이었으며 고등학생 역시 수동적인 수업에서 벗어나 직접 참여하는 활동에 대하여 만족도가 높았음을 알 수 있었다.

<표 IV-5> 학생들의 프로그램 만족도

(N=368)

문항 내용	초등학교		중학교		고등학교	
	M	SD	M	SD	M	SD
1 오늘 수업은 매우 재미있었다.	4.15	.72	4.06	1.00	4.36	.79
2 오늘 수업은 이전에 해보지 못한 새로운 수업이었다.	4.21	.98	4.17	.95	4.34	.96
3 수업내용에 여러 가지 과목(과학, 수학, 미술, 실과/기술 등)의 학습내용이 필요했다.	3.87	.92	4.02	.95	4.09	1.08
4 오늘 수업은 활동중심이어서 참여하는 시간이 많았다.	4.47	.78	4.15	.89	4.57	.74
5 오늘 수업은 수학수업에 흥미를 갖는데 도움이 될 것 같다.	3.87	.90	3.88	.99	4.13	1.12
전 체	4.11	.86	4.06	.96	4.30	.94

5) 기관용 설문조사 결과

STEAM 아웃리치 프로그램에 참여한 학교의 진행교사 또는 인솔교사와 이 프로그램 교육을 담당하는 (연구원을 포함한) 교사 등 35명을 대상으로 프로그램에 대한 설문을 실시한 결과는 다음 <표 IV-6>과 같이 나타났다.

이 프로그램에 참여한 학교의 교사들은 이 연구의 프로그램에 관련된 수업 재료가 주변에서 쉽게 확보된다는 것에 가장 높은 만족도를 나타냈다. '이 STEAM 아웃리치 프로그램에 필요한 교구와 준비물들은 주변에서 쉽게 구할 수 있을 것이라 생각된다'가 평균 3.89로 가장 높은 점수가 나타났으며 다음으로 이러한 프로그램의 확산을 지원하기를 요구하는 'STEAM 아웃리치 프로그램과 같은 활동에 정부와 학교의 지원이 더 필요하다고 생각한다'가 3.84로서 두 번째로 높은 점수를 보였다. 또한 '이 STEAM 아웃리치 프로그램은 기존의 수업과정과 연결하여 실시하는 데 도움이 될 것이다'는 반응이 평균 3.66으로 세 번째로 높은 만족감을 보였다.

이상에서와 같이 교사들은 기존의 수업과정과 연계한 융합교육을 위한 STEAM 아웃리치 프로그램을 원하고 있었으며 이러한 프로그램들이 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료들을 이용하여 학생들에게 적용할 수 있다는 유용성의 측면에서 긍정적이었다. 또한 이러한 활동을 계속해 나갈 수 있도록 지속적인 지원을 매우 원하는 경향임을 알 수 있었다.

<표 IV-6> 참여 학교 교사의 프로그램 만족도

		(N=35)	
	문항 내용	M	SD
13	STEAM 아웃리치 프로그램에 필요한 교구와 준비물들은 주변에서 쉽게 구할 수 있을 것이라 생각된다.	3.89	.96
14	STEAM 아웃리치 프로그램과 같은 활동에 정부와 학교의 지원이 더 필요하다고 생각한다.	3.84	1.00
12	이 STEAM 아웃리치 프로그램은 기존의 수업과정과 연결하여 실시하는 데 도움이 될 것이다.	3.66	.92
10	나는 STEAM 아웃리치 프로그램에 흥미가 있다.	3.43	.97
11	이 STEAM 아웃리치 프로그램은 학생들의 STEAM 분야의 진로탐색에 긍정적인 영향을 주었다.	3.40	.95
3	이 STEAM 아웃리치 프로그램은 학생들의 협동학습과정을 포함하고 있다.	3.40	1.03
8	나는 STEAM 아웃리치 수업에서 학생들이 질문하는 것을 격려했다(교육담당 교사만 해당)	3.32	.98
15	STEAM 아웃리치 프로그램은 앞으로 더욱 확산되어야 한다.	3.31	1.03
7	이 STEAM 아웃리치 프로그램에서 학생들이 수업에 흥미를 느끼는 모습에 보람을 느낀다.	3.31	1.06
9	나는 앞으로도 STEAM 아웃리치 프로그램을 계속 진행하고 싶다. (교육담당 교사만 해당)	3.20	1.08
5	이 STEAM 아웃리치 프로그램은 학생들의 창의성을 신장시킬 수 있다.	3.19	1.11
4	이 STEAM 아웃리치 프로그램을 통해 학생들은 이론과 실생활을 연계시킬 수 있다.	3.19	1.07
6	이 STEAM 아웃리치 프로그램은 학생들의 문제해결 능력을 기르는 데 효과적이다.	3.16	1.02
2	이 STEAM 아웃리치 프로그램은 학생들의 융합적 사고를 발달시키는 데 도움이 된다.	2.39	1.10
1	이 STEAM 아웃리치 프로그램은 학생들이 활동에서 재미를 느끼고 몰입하게 한다.	2.37	1.13
	전체	3.27	1.03

IV. 결론 및 제언

1. 결론

이 연구를 통해 재구성된 수학기반 STEAM교육 프로그램은 초·중·고등학생의 융합적 역량 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 하위요인들에 해당하는 융합교육의 인식, 흥미도, 창의적 문제해결력, 협동심, 동기유발 등에서 의미 있는 효과가 있음을 알 수 있었다.

먼저 교육과정 개발에 있어서 이 프로그램의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 그동안 S대학교의 창의성연구소는 수학적 활동을 통하여 창의성을 개발할 수 있는 융합적 교육 프로그램을 개발해온 경험을 바탕으로, ‘수학을 기반으로 하는 STEAM교육’의 철학에 부합하는 내용을 선정하였으며 학생들이 현실적 문제를 과학, 공학, 기술 및 예술적 감각으로 자신의 아이디어를 디자인하는 성취감을 경험할 수 있는 주제를 개발하였다. 창의성연구소의 축적된 경험적 자료를 바탕으로 인근 지역의 초·중·고등학교와의 협력 관계를 이용하여 개발하는 아웃리치 프로그램의 내용과 수준을 실험적으로 적용해 보았으며 그에 대한 반응 및 효과에 대한 결과를 프로그램 개발 작업에 반영하였다.

또한 학교현장에서 STEAM교육 경험이 있는 교사들이 개발에 참여하여 지속적인 자문과 연구를 교류함으로써 교육과정과의 적절성 및 학생들의 기대 수준이나 관심의 정도를 반영할 수 있도록 교육전문가의 적절한 검토 및 자문이 주요한 역할을 했다. 즉 STEAM교육과 수학적 창의성 교육의 전문가로부터 프로그램 내용에 대한 자문과 검토를 받은 후 결과를 내용 개발에 반영하여 프로그램의 타당성을 검증하는 과정이 지속적으로 이루어졌다. 또한, 학생들이 활동에 참여하기 전과 후에 설문지를 통하여 교육에 대한 만족도와 효과를 점검할 수 있도록 사전 사후 설문지를 교육 내용과 연계하여 작성하고, 설문지의 결과를 반영하여 교육 프로그램을 수정·보완

할 수 있는 체계를 구축했다.

새로운 STEAM교육 패러다임의 반영으로 우리 생활 주변과 자연에서 일어나는 현상들을 과학기술적 관점에서 탐구하고 그 결과를 공학적, 예술적 관점에서 조직화하고 구체화하는 활동이 STEAM교육이 추구하는 방향이라 할 수 있다. 특히, 창의적 사고 능력은 개인의 핵심역량 강화를 강조하는 21세기 교육에서 매우 중요한 요소인데, 수학을 기반으로 하는 창의적 사고훈련과 뇌기반 학습(Brain-Based Learning)의 관점에서 STEM ARTS로서의 STEAM교육과 같은 새로운 패러다임을 반영한다(Sousa & Pilecki, 2013).

이러한 과정을 거쳐 개발된 STEAM 아웃리치 프로그램은, 학생들이 융합교육에 대해 알 수 있도록 설명하며 다양한 지식이 함께 필요한 활동을 직접 경험하면서 흥미를 느끼고 친구와 협동하여 창의적이고 다양한 아이디어로 문제를 해결하는 과정이 융합적 역량을 신장시키는 데 유의미하게 효과가 있음을 알 수 있었다. 이는 이경화, 최유현, 황선옥(2011)의 연구에서 협동학습이 창의성을 증진시키며, 백희수(2013) 등의 연구에서 융합교육은 자기주도적인 탐구를 통하여 다양한 사람들과 의사소통할 수 있는 전인적 역량을 함양하는 교육이라는 주장과도 일치한다고 볼 수 있다.

한편 이러한 결과는 서원석, 이창훈(2015) 및 고지훈(2014) 등에서 융합교육 프로그램의 효과성을 제시한 내용이나 아웃리치 프로그램 활용이 학생들의 흥미를 증진시킨다는 연구결과와 일치한다. 따라서 이 연구를 통해 개발된 융합교육 프로그램은, 학교급 별에 따라 약간의 상이점은 있으나 공통적으로 구성원들의 적극적이고 협동적인 활동 분위기나 학교 바깥에서의 수업이 학생들의 흥미를 자극하고 만족도를 높여줄 수 있음을 보여준다. 또한, 학생들은 함께 활동하면서도 각기 다른 자신만의 아이디어나 해결책을 제안하고 각 구성원들 간의 상상력을 자극하는 과정에서 편견에 의한 오류나 문제점을 보완할 수 있는 자연스러운 기회를 형성함으로써 창의적 능력의 발달을 도울 수 있는 가능성을 시사한다.

2. 계언

이 연구에서 개발된 프로그램은 지속적으로 운영되어 학생들에게 의미 있는 STEAM 아웃리치 교육으로 활용될 수 있도록 해야 할 것이다. S대학교 창의성연구소에서 지금까지 운영하고 있는 교육지원 프로그램(방문교육과 파견교육, 교사 직무연수 및 워크숍)에 추가하여 연구소의 독립된 프로그램으로 운영할 예정이며 기존의 자료로 추정하건데 매년 300명 이상의 학생들에게 교육기회를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

이 연구의 프로그램은 독자적으로 운영하기도 하지만 차시가 길지 않은 점을 활용하여 다른 프로그램과 연계하여 운영할 수도 있다. ‘창의력수학교실’의 초·중학생 프로그램의 일부로 활용 가능하며 중학교 1학년 자유학기제 프로그램, ‘어린이날 창의력체험축제 프로그램’, ‘여름방학 창의수학 캠프’, S대학교의 ‘AHA 창의교육센터와의 연합 프로그램’의 교육 소재로도 활용 가능하며 교사 직무연수 프로그램의 소재로도 활용 가능할 것이다. 또한 프로그램 보완 및 개선 사항에 대하여 지속적인 관심을 갖고 이 연구 개발의 경험을 살려 ‘수학을 통한 창의성 계발 프로그램’ 개발에 STEAM교육을 접목시켜서 “수학을 기반으로 하는 창의성 훈련 STEAM교육” 프로그램을 개발하기 위한 지속적인 노력이 필요할 것으로 생각된다. 한 예로 AHA 창의교육센터에서 개발한 3D 프린트의 활용 및 IOT 활용 프로그램과 연계하여 아웃리치 프로그램을 운영하도록 한다면 더 많은 학생들이 다양한 경험을 할 수 있는 프로그램이 개발될 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- 고지훈 (2014). 학교 연계 박물관교육에 있어서 아웃-리치 프로그램(Out-reach Program)의 현황과 CIPP 평가모형 기반의 문제점 분석, *박물관 교육연구*, 11, 33-61.
- Ko, J. H. (2014). Current Situation of the Out-Reach Programs in the School connected Museum Education, and the Problem Analysis based on the CIPP Evaluation Model, *Museum Education Research*, 11, 33-61.
- 교육과학기술부 (2010). 2011 추진 업무보고.
- Ministry of Education (2010). Science and Technology (2010). *Major Business plan for 2011*.
- 김남준 (2013). 융합인재교육(STEAM)과 수학, *수학과교육* 99(3), 16-21.
- Kim, N. J. (2013). STEAM and Mathematic, *Math and Education* 99(3), 16-21.
- 김보람 (2013). 박물관 아웃리치 교육프로그램 구성요소가 지역구성원의 인식에 미치는 영향 연구. 석사학위논문, 국민대학교.
- Kim, B. R. (2013). *A Study of Museum Outreach Educational Program Factors Influencing the Community Members Recognition*. Graduate School of Public Administration, Kookmin University Master's Thesis.
- 김순화, 함성진, 송기상 (2014) 컴퓨팅 사고력 기반 융합인재교육 프로그램의 효과성 분석 연구, *한국컴퓨터교육학회 논문지* 18(3), 105-114.
- Kim, S. H., Ham, S. J. & Song, K. S. (2014). Analytic Study on the Effectiveness of Computational Thinking based STEAM Program, *The Journal of Korean association of computer education*, 18(3) 105-114.
- 백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 최종현 (2012). 융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구. 한국과학창의재단 2012-12 연구보고서.
- Baek, Y. S., Park, H. J., Kim, Y. M., Noh, S. G., Lee, J. Y., Jeong, J. S., Chio, Y. H., Han, H. S., Choi, J. H. (2012). A Basic Study for Establishing Direction of STEAM. *Kofac 2012-12. Research Report*.
- 백희수 (2013). 수학영재를 위한 STEAM교육 방안마련을 위한 델파이 조사, *수학교육연구*, 15(4), 867-888.
- Paik, H. S. (2013). Delphi Study about Mathematics Gifted Education Based on STEAM Education, *School Mathematics* 15(4), 867-888.
- 서동엽 (2014). 수학교육적 관점에서 바라본 STEAM 교육, *수학교육연구*, 24(3), 429-442.
- Seo, D. Y. (2014). STEAM on the Viewpoint of Didactics of Mathematics, *The journal of educational research in mathematics*, 24(3), 429-442.
- 서원석, 이창훈 (2015). 융합인재교육(STEAM)의 아웃리치 프로그램 개발 및 운영 사례, *공학교육연구*, 18(6), 33-45.
- Seo, W. S. & Lee, C. H. (2015). A Case Study of the STEAM Educational Outreach Program Development and their Application, *Journal of Engineering Education Research*, 18(6), 38-45.
- 안재홍, 권난주 (2015). 아나모픽 착시예술을 활용한 초등 과학 융합 프로그램 개발 및 적용, *초등과학교육*, 34(2), 224-237.
- Ahn, J. H., & Kwon N. J., The Development and Application of Elementary Science Convergence Program using Anamorphic Optical Illusion Art, *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(2), 224-237.
- 이경화, 최유현, 황선욱 (2011). 팀 프로젝트 중심 창의적 문제해결 프로그램 개발, *창의력교육연구*, 11(2), 141-160.
- Lee, K. H., Choi, Y. H., & Hwang, S. (2011). Development of Creative Problem Solving Program Based on Team Project, *The Journal of creativity education*, 18(6), 38-45.
- 이대영 (2010). 21세기 교육환경변화와 예술교육의 필요성. *The Science Times*, 2010. 06. 10.
- Lee, D. Y. (2010). The Change of Educational Environment in the 21st Century and the Need for Art Education, *The Science Times*, 2010. 06. 10.
- 이승우, 백종일, 이정근 (2013). 융합인재교육(STEAM)을 적용한 초등 수학영재 교육 프로그램의 개발과 적용 효과, *초등수학교육*, 16(1), 35-55.
- Lee, S. W., Baek, J. I. & Lee, J. G. (2013). The Development and the Effects of Educational Program applied on STEAM for the Mathematical Prodigy, *Education of primary school mathematics*, 16(1), 35-55.
- 전미숙, 박문환 (2015). 수학 기반 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 및 적용, *초등수학교육*, 18(2), 91-106.

- Jun, M. S. & Park, M. H. (2015). Effects of STEAM Program Development and Application for the 1st Grades of Elementary School, *Education of primary school mathematics*, **18(2)**, 91-106.
- 최승현, 박상욱, 황혜정 (2014). PISA와 TIMSS 결과에 나타난 우리나라 학생의 정의적 성취 실태 분석-수학 교과를 중심으로-, *한국학교수학회논문집*, **17(1)**, 23-43.
- Choe, S. H., Park, S. W. & Hwang, H. J. (2014). Analysis of the current situation of Affective Characteristics of Korean Students Based on the Results of PISA and TIMSS, *Journal of the Korean School Mathematics Society*, **17(1)**, 23-43.
- 한국과학창의재단 (2012). *손에 잡히는 STEAM 교육*, 한국과학창의재단.
- Kofac (2012). *STEAM training get by hands*. Retrieved from file:///C:/Users/Administrator/Downloads/%EC%86%90%EC%97%90%EC%9E%A1%ED%9E%88%EB%8A%94%20STEAM%EA%B5%90%EC%9C%A1_Part1%20(1).pdf.
- 한국과학창의재단 (2013). *창의융합형 과학인재육성 정책연구: 융합인재교육(STEAM) 효과성 분석 연구*.
- Kofac (2013). *A Study on the Fostering of Human Resources Development in the Convergence Type of Creative: A Study on the Effectiveness of STEAM Education*. Retrieved from file:///C:/Users/Administrator/Downloads/201309091838316824.pdf.
- 한국과학창의재단 (2016). 2016년 STEAM 아웃리치 프로그램 개발·운영학교, 서울: 한국과학창의재단 2016 연구보고서.
- Kofac (2016). STEAM Outreach Program Development and Operation at School in *2016 Research Report*, Retrieved from <http://steam.kofac.re.kr/?type=%EC%95%84%EC%9B%83%EB%A6%AC%EC%B9%98-%ED%94%84%EB%A1%9C%EA%B7%B8%EB%9E%A8>
- 한혜숙 (2013). STEAM 교수-학습 프로그램의 개발 동향 분석 및 수학교과 중심의 STEAM 교수-학습 프로그램의 개발, *수학교육논문집*, **27(4)**, 523-545.
- Han, H. S. (2013). The Analysis of Research Trends on STEAM Instructional Program and the Development of Mathematics-Centered STEAM Instructional Program. *Communications of mathematical education*, **27(4)**, 523-545.
- 황선욱 외 (2013). *중학교 수학 1 교사용 지도서*, 서울: 좋은책신사고.
- Hwang, S. et al. (2013). *Middle School Mathematics 1 Teacher's Guide*, Seoul: Sinsago.
- Pink, D. (2006). *A whole new mind: Why right-brainers will rule the future*, Riverhead Books, Pittsburgh Post-Gazette.
- Sousa, D. & Fieckel, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*, Corwin.
- Yakman, G. (2010). *What is the point of STE@M? A Brief Overview*. http://www.steamedu.com/2006-2010_Short_WHAT_JS_STEAM.pdf.

Development and Effectiveness of STEAM Outreach Program based on Mathematics

Hwang, Sunwook

369 Sangdoro, Dongjak-gu, Seoul

E-mail: shwang@ssu.ac.kr

Kim, Namjun

178 Junggye-ro, Nowon-gu, Seoul

E-mail: edu415@sen.go.kr

Son, Jeongsuk

125 Dongseo-daero, Yuseong-gu, Daejeon

E-mail: sjeongsuk@hanbat.ac.kr

Song, Wonhee

369 Sangdoro, Dongjak-gu, Seoul

E-mail: songwonhee@ssu.ac.kr

Lee, Kapjung

18 Seoulsupgil, Seongdong-gu, Seoul

E-mail: kjki@sen.go.kr

Choi, Seongja

369 Sangdoro Dongjak-gu, Seoul

Email: choisj63@ssu.ac.kr

Lew, Kyoungmoon[†]

369 Sangdoro, Dongjak-gu, Seoul

E-mail: lewk@ssu.ac.kr

Many researches related to STEAM education have been actively conducted for developing elementary and secondary school students' comprehensive and logical thinking ability in relation to creativity education in Korea. Each sub factor of STEAM education requires creative thinking with the ability to be merged together to solve problems as integrated or combined forms in the fields of Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics. Also, these STEAM activities and experiences should be carried out at various places outside the classroom in school. Although various educational programs to enhance mathematical creativity have been emphasized for elementary and secondary school students, recent tendency to focus on classroom learning in the school makes it difficult to develop creative thinking ability of students.

This research is mainly based on the result of the project "Development and Administration of STEAM Outreach Program in 2016" supported by KOFAC(Korea Foundation for the Achievement of Science & Creativity). The purpose of this research is to develop a STEAM outreach program including students' activity books, teachers' manuals and administration manual that can maximize STEAM-related interest of students, and to provide a chance for elementary and secondary school students to experience creative thinking based on sub factors of STEAM. The STEAM competency total score and the perception of convergence education were significantly increased for all students participating this program, but some sub factors showed different result by school levels. The STEAM outreach program developed by this study is designed to emphasize STEAM education especially 'based on' mathematics in order to provide students with the opportunity to experience more interest in the field of mathematics and will be able to provide an interesting creative STEAM outreach program that utilizes a variety of activities which, we expect, would help students to consider their career in the future.

* This research is partly supported by Korea Foundation for the Achievement of Science & Creativity in 2016.

* ZDM classification: B60, C20

* MSC2000 classification: 97B60, 97U30

* Key words: STEAM education, Outreach program, Math education

† Corresponding author