

STEAM 기반 수학 수업이 문제해결력과 자기효능감에 미치는 영향¹⁾

이가은²⁾ · 최재호³⁾

본 연구는 초등학교 3학년 학생을 대상으로 STEAM을 적용한 수학 교과 중심의 프로그램을 설계하고 현장에 적용하여 수학 교육의 융합적 접근이 학생들의 문제해결력과 자기효능감에 미치는 영향을 밝히고자 하였다. 본 연구를 위하여 D광역시 소재 C초등학교 3학년 2개 학급을 사전 검사를 통하여 실험집단과 비교집단으로 선정하여 문제해결력과 자기효능감 검사를 실시하고 결과를 분석하였다. 또한 수업 결과물과 사후설문지를 분석하여 학생들의 문제해결과정에서 나타나는 융합적 사고력과 학습에 대한 긍정적인 변화정도를 파악하고자 하였다. 본 연구의 결과를 살펴보면, 문제해결력과 관련하여 두 집단 간의 검사 결과는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지는 않았으나 실험집단은 비교집단에 비해 수준별 고른 성취수준과 높은 평균점수를 보였다. 또한 STEAM 기반 수학 수업을 진행한 실험 집단의 자기효능감 t-검정을 실시한 결과 5% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 결과를 보여 자기효능감에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 수업 결과물 및 소감문을 통하여 표현력의 향상과 수학적 태도의 긍정적인 변화를 확인할 수 있었다. 이를 통해 수학 교과를 중심으로 한 STEAM 프로그램 적용은 학생들의 정의적 영역에 긍정적인 영향을 주며 수학교과 수업 개선 전략으로 활용될 수 있을 것이다.

주제어: STEAM 기반 수학 수업, 문제해결력, 자기효능감

I. 서론

초등학교에서 다루는 수학적 지식은 기초적이고 간단한 편이다. 그럼에도 불구하고 생활 속에서 접하는 여러 현상은 수학적 지식을 이용하여 이해하고 해결할 수 있도록 연계되어 있다. 2015 개정 교육과정에서는 학생 참여 중심 수업을 통한 창의적 사고 과정으로 창의 융합형 인재 양성을 강조하고 있다. 그러므로 교육과정의 취지에 맞는 교육을 위해서는 학생들이 수학의 필요성을 알고 가치를 느낄 수 있는 다양한 영역의 소재 발견과 더불어 수학의 내적·외적 연결성을 강화할 수 있는 융합 프로그램 개발이 필요하다. 학교 현장의 수학 수업도 교육과정의 개편에 따라 STEAM 요소가 다소 반영(류성림, 2015; 2016)되어 진행되는 편이나 과학요소 등과의 보다 확장된 융합이 미흡한 실정이다. 따라서 학생들이 수학 학습의 과정에서 다양한 학문 영역의 소재를 활용하게 하고, 보다 풍부한 경

1) 본 논문은 제1저자의 2016년 석사학위 논문을 재구성한 것임

2) [제1저자] 대구칠성초등학교

3) [교신저자] 대구교육대학교

협과 새로운 지식을 창출하게 하여 수학 학습의 필요성과 융합적 사고를 접하도록 해야 한다. 전미수학교사협회(NCTM, 2000)에서는 수학과 교수·학습 과정에서 연결성(Connections)을 강조하여 수학 내에서의 연결성, 타 교과와의 연결성, 그리고 우리의 일상 생활과의 연결성을 강조하였다. 특히, 교육과학기술부(2012)가 발표한 수학교육선진화 방안에서는 “생각하는 힘을 기르는 수학”을 위하여 “수학과 타 교과간 통합 교수학습을 통해 정치, 경제, 음악, 미술 등 주변의 다양한 분야에 녹아있는 수학적 개념·원리들을 탐색·이해함으로써, 수학의 유용성을 인식하고 통합적·입체적 시각 및 실생활에서의 문제해결능력 배양”을 강조하여 수학과 타 학문 간의 통합 또는 융합의 필요성을 언급하였다. 이러한 관점에서 다른 학문과의 융합을 강조하는 STEAM을 기반으로 하는 교육을 통해 학생들에게 수학에 대한 자신감을 고취시키고 흥미를 유발하여 수학학습성취에도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

STEAM은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 예술(Art), 수학(Mathematics)이 융합된 개념으로서 학문 간의 벽을 허물고 통합적으로 문제를 해결하려는 시도이다. 하지만 수학에서 STEAM이 교육과정을 통해 구현되기에 현실적 어려움이 있다. STEAM 교육에 대한 교사들의 인식을 살펴본 이효녕 외(2011)와 강수현(2013)은 교사들이 STEAM 교육의 필요성에 대해 긍정적으로 받아들이긴 하나, 실제 현장에서의 부담 등으로 실질적 교육이 이루어지긴 힘들다고 판단하였다. 특히 우리나라는 STEAM 프로그램이 주로 과학 교육을 중심으로 한 연구가 이루어지는 반면 수학 교과와 다른 교과의 통합형은 매우 드물다. 이 중 수학 영재와 중등 수학 연구를 고려한다면 초등학생을 대상으로 한 수학 교과 프로그램이 제한되어 있다. 또한 주로 김정희(2013)와 정윤희(2013) 등 고학년을 대상으로 한 연구 결과는 있으나, 임이랑(2012)의 연구 이외 본 연구 대상인 3학년 학생에게 적용할 만한 콘텐츠는 부족하였다.

따라서 본 연구에서는 초등학교 3학년 1학기 교육과정 중 도형 영역을 중심으로 STEAM을 적용한 수학 교과 중심의 프로그램을 설계하고 현장 적용 방안을 모색하여 수학 교육의 융합적 접근이 학생들의 문제해결력과 자기효능감에 미치는 영향을 밝히고자 한다. 이러한 결과는 STEAM의 주요 영역을 융합하는 교수·학습 과정을 통해 문제 해결을 위한 융합적 사고력을 함양시키고, 학생들이 수학에 대한 긍정적인 인식으로 학습 동기를 강화할 수 있는 수업을 구성하는 데 도움을 제공할 수 있을 것이다.

II. 이론적 배경

1. STEM과 STEAM

1960년 미국 Bruner 등의 교육 개혁 정책 영향으로 학문 중심 교육과정이 시작되면서 초·중등학교의 과목이 분절화되어 지식 중심의 교육으로 진행된 적이 있었다. 따라서 이론, 원리 및 개념 중심으로 진행되는 과학, 수학 수업이 실생활에 어떻게 적용되는지에 대한 교육은 부족했다. 이로 인해 나타난 학생들의 과학, 수학에 대한 흥미와 관심 부족으로 인하여 새로운 교육정책이 요구되었다. 미국의 초·중등학교에서는 여러 과목을 융합적으로 가르치려는 통합교육으로서 STS(과학, 기술, 사회)교육, MST(수학, 과학, 기술)교육이 있었고, 21세기에는 STEM 통합교육 정책이 시작되었다. 또한 Yakman(2008)은 인간은 언어적 행위 없이 지식을 공유하지 못하고 교양교육 없이 발전을 이해할 수 없으며, 육체적인 행

위 없이 사물에 대한 실제적 지식을 얻을 수 없고, 순수 미술 없이 과거의 기록을 가질 수 없다는 이유로 STEM 교육에 예술(Art)을 추가하여 개념을 확장하고, STEAM 교육에 대한 보다 명확한 정의를 위한 프레임 제시하였다(Maes, 2010). 이러한 미국의 STEM 교육 정책 영향으로 우리나라 교육과학기술부에서도 2011년 초·중등교육을 위한 STEAM 교육 정책을 도입하였다. 우리나라가 OECD 국제 학업성취도평가(PISA)와 수학·과학 성취도 비교 연구(TIMSS)에서 높은 성취도를 얻는데 비하여 흥미·자신감이 하위에 머물고 있음은 이 공계의 큰 고민이었던 것이다. 이에 교육과학기술부는 인문·사회 교과(Liberal Art)를 통합하여 학습자의 흥미와 동기를 높이기 위한 STEAM 교육을 융합인재교육으로 명명하고 ‘과학·기술 분야의 흥미와 이해를 높이고, 과학·기술 기반의 융합적 사고(STEAM Literacy)와 문제해결능력을 배양하는 교육’이라고 정의하였다.

2015 개정 교육과정도 쉽고 재미있는 수학, 활동과 탐구 중심의 수학을 추구하며 창의 융합형 인재 양성을 강조하고 지나친 학습량을 줄이며 학습 흥미도를 높이는 방향으로 개편되었다. 또한 현재 2009 개정 교육과정에서는 초·중등학교의 교과 외에 창의적 체험활동이 추가됨으로써 창의성과 더불어 체험 교육을 강조하고 있다(최지은, 배종수, 2011). 이처럼 STEAM은 융합인재교육으로 과학과 수학적 지식을 학습하는 수준을 넘어 이 지식이 공학과 기술 분야에 어떻게 적용 및 활용되는지를 이해하는 것이다. 따라서 기존의 교육과 달리 지식을 왜 배우는지, 어디에 사용되는지를 이해시키고 실생활 속에서의 문제해결력을 배양하는데 가장 큰 목적이 있다.

2. 수학교육과 STEAM

우리나라의 ‘제2차 과학기술인재 육성·지원 기본계획(2008~2012)’의 중점추진과제 중에서 초·중등 단계에서는 과학기술에 대한 이해·흥미·잠재력을 높이는 교육을 하기 위하여 미래형 STEAM 교육 강화, 영재교육 내실화 및 대학 연계 강화, 녹색성장 관련 교육 및 진로 연계 강화 등 세 가지를 제시하였다. 그 중에서 미래형 STEAM 교육 강화와 관련하여 STEAM 분야 교과의 교육과정 개편 방향을 살펴보면 다음의 <표 1>과 같다(김진수, 2012).

<표 1> STEAM 분야 교과의 교육과정 개편 방향

구분	개편 방향
수학·과학	주입식·암기식 학습내용 대폭 감축 (예: 수학: 계산력, 속도 위주→문제해결력, 창의성 과학: 이론 위주→실험탐구 확대)
기술·가정	첨단기술과 생활밀착형 기술 중심으로 개편 (예: 스마트폰, 위성, 초고층 빌딩 등)
예술교육 연계	각 교과군별 예술적 수업 기법 적용 (예: 화학과 미술, 물리와 음악 팀티칭 모델 개발·보급 등)

여기서 수학은 주입식·암기식 내용을 대폭 축소하고 창의적 문제해결력을 제고하는 방향으로 교육과정을 개정하고자 하였다. 특히 우리 수학교육은 낮은 흥미도와 어려운 교과 내용, 실생활 및 타 교과와 동떨어진 암기식 수업 등으로 STEAM에 대한 요구가 더욱 커졌으며 이에 대한 관심은 여전히 계속되고 있다.

2009 개정 교육과정의 수학과 목표에 따르면 생활 주변이나 사회 및 자연 현상을 수학

적으로 관찰, 분석, 조직, 표현하는 경험을 통하여 수학의 기본적인 기능 및 개념, 원리, 법칙과 이들 사이의 관계를 이해하는 능력을 기른다고 하였다(교육부, 2014). 따라서 수학과 교과서 구성 체제를 살펴보면, 단원 도입의 스토리텔링에서 수학적 맥락을 고려한 상황을 제시하여 학습 동기를 유발하고 있다. 스토리텔링 기법을 활용하여 자연스럽게 타 학문이나 생활과 연계한 융합적 사고와 창의적 사고를 하도록 시도하는 것이다. 그리고 창의 마당(체험 마당, 놀이 마당, 이야기 마당)을 구성하여 생활 주변 문제, 사회 현상, 자연 현상 등 여러 가지 현상과 관련지어 수학적으로 세상을 보는 안목을 키우는 활동을 제시하고 있다. 이처럼 교과서에서도 STEAM 관련 요소를 강조하고 있다.

미국의 STEM 교육 연구결과를 살펴보면, 수학, 과학 학습의 인지적, 정의적 영역에 효과가 있는 것으로 보고되었다. 인지적 측면에서는 학생들이 공학적 문제 해결을 통해 실생활 속에 자신들의 경험과 지식을 적용함으로써 수학, 과학의 개념 및 원리를 잘 이해할 수 있었다고 하였으며, 정의적 측면에서는 수학이나 과학 학습에 대한 학생들의 동기를 유발하고 흥미를 높이는 데 기여하며 긍정적인 태도를 보였다고 하였다(김진수, 2012).

우리나라의 연구 결과를 살펴보면, 2013년도를 기준으로 연구가 증가하고 있으며 이에 따라 학생들은 실생활 상황에 자신들의 경험과 지식을 적용함으로써 과학과 수학의 개념 및 원리를 잘 이해할 수 있다고 하여 STEAM의 긍정적인 효과를 찾을 수 있었다(김경희, 2013; 정윤희, 2013; 김근욱, 2014). 융합형 창의 인재 양성을 위한 STEAM은 학생이 어떤 상황에서 창의성, 효율성, 경제성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾고 문제를 해결하는 종합적인 과정이며, 창의적 설계와 기술적 설계활동을 통한 감성적 체험, 그리고 이를 통하여 학생이 학습에 긍정적 감정을 느끼는 성공의 경험 순으로 일련의 과정을 가진다. 따라서 교육과정이 요구하는 창의 융합형 인재 양성에 바탕을 두고 STEAM을 통한 수학교육의 유의미한 접근이 이루어져야 한다.

3. 문제 해결력

문제 해결의 의미는 학자들에 따라 다양하게 정의된다. Polya(1981)는 “문제를 해결하는 것이란 어떠한 것을 명확하게 인식하기 위해, 당면한 어려움으로부터 벗어나기 위해, 장애를 극복할 수 있는 미지의 방법을 찾기 위해, 그리고 학습자가 원하는 목적을 성취하기 위한 적절한 방법을 찾는 것으로서 문제가 즉각적으로 해결되는 것이 아닌 점진적으로 제3의 새로운 방법을 찾는 것”이라 정의하였으며, Thorndike(1950)는 “복합적이고 다양한 행동”이라 정의하였고, Davis(1964)는 “인간 배움의 모든 혼잡한 범주 속에서 자신의 힘으로 얻은 명성”이라고 정의하고 있다. 하지만 일반적으로 수학교육에서 말하는 문제 해결은 ‘과정되면서 수학지도의 방법으로 학습자가 낯선 장면에서 부딪히는 장애를 극복하기 위해 기존에 학습한 수학적 지식과 경험, 기능 등을 활용하여 새로운 해결 방법을 고안·적용하여 정확한 해에 도달하는 일’ 또는 주어진 상황에서 학습자가 ‘무엇을 어떻게 해야 할지를 분명히 판단할 수 없을 때 행해지는 활동’을 말한다(남승인, 류성림, 2004).

문제해결력은 학습자가 문제를 해결하는 과정에서 작용하는 문제 이해 능력, 주어진 조건과 구하려는 것 사이의 관계를 파악하여 해결 계획을 수립하는 능력, 연산 능력, 검증 능력, 일반화 능력 및 수학의 개념과 원리, 법칙을 발견하고 이를 이용하여 응용문제를 창의적으로 해결하는 능력-어떤 일을 완료하거나 성공적으로 적용하기 위한 생체 내의 힘, 즉 이미 습득한 수학적 지식을 구체적인 문제 장면에 적용하여 당면한 문제를 해결할 수 있는 힘- 등 포괄적인 의미를 포함하고 있다(최윤석, 2004). 따라서 문제 해결은 정확성,

신속성, 적용성이 요구되고 문제해결에 따른 깊은 사고와 학습자 자신이 많은 문제를 풀어보게 하는 훈련이라고 생각할 수 있다.

4. 자기효능감

자기효능감은 주어진 과제를 달성하는데 필요한 행위 과정을 조직하고 실행할 수 있는 가능성에 대한 신념으로 정의하고, 애매하고 예측할 수 없으며, 어느 정도 긴장되는 요소들이 포함되어 있는 특수한 상황에서 어떤 결과를 성취하기 위해서 요구되는 행동을 자신이 얼마만큼 잘 해낼 수 있느냐 할 수 없느냐 하는 자신의 능력에 대한 개인적 판단이라고 할 수 있다(Bandura, 1977).

Bandura(1977)는 자기효능감을 유사 의미인 자신감과 구분하였는데, 자신감은 신념의 강도를 의미하기는 하지만 그 확신이 무엇에 대한 것인지 반드시 구체화할 필요가 없는 막연한 대중적인 용어인 반면, 자기효능감은 특정한 성취의 수준을 생산할 수 있는가하는 능력 수준에 대한 확신과 그 신념의 강도를 둘 다 포함하는 이론적 구인으로 보았다. 또한 자기효능감의 유형과 관련하여 Bandura(1977)는 자기효능감 이론에서 개인의 기대를 자기효능기대와 결과기대의 두 가지 유형으로 구분하였다. 자기효능기대는 어떤 행동을 성공적으로 수행할 수 있는가의 개인적인 능력에 대한 판단이고, 결과기대란 이러한 행동이 산출할 것 같은 영향에 대한 판단이다. 또한 개인은 자기신념체계(self-belief system)를 가지고 있으며 개인의 행동은 자기신념체계와 외부의 여러 가지 영향 요인들에 대한 상호작용의 결과라 할 수 있다. 이러한 상호작용의 결과 같은 수행을 하더라도 다른 사람에게는 자기효능기대에 대한 수준, 강도, 일반화의 정도에 따라서 다른 의미를 주게 된다고 한다.

자기효능감은 결국 학생 스스로가 자각하는 정도에 따라 행동동기에 영향을 주고 성취 결과가 달라질 수 있다. 따라서 자기효능감을 높이기 위한 동기가 강화된다면 이후의 결과가 향상될 수 있음에 교육적 의미를 둔다.

5. 선행 연구 고찰

본 장에서는 STEAM의 연구동향과 수학교육에서의 STEAM 연구를 분석해봄으로써 본 연구에 대한 시사점을 얻고자 한다.

임이랑(2012)은 초등학교 3학년 교육과정을 중심으로 초등 수학 STEAM 자료를 개발하여 학생들의 융합적, 창의적인 사고를 계발하고자 하였다. 또한 부은영(2012)과 부경임(2012)은 초등학교 5학년, 6학년 교육과정을 중심으로 초등 수학 STEAM 자료를 개발하여 타 분야와의 소통 능력을 배양시키고자 하였다. 또한 김경희(2013)와 정윤희(2013)는 초등학교 6학년 교육과정을 중심으로 한 STEAM 자료를 개발하고 이를 수업에 적용하여 수학에 대한 흥미와 태도에 긍정적인 변화가 있음을 보였으며 이를 통해 수학 중심 융합 프로그램 연구의 방향을 제시하기도 하였다.

우정희, 유미현(2013)은 초등 융합인재교육 프로그램 융·통합 유형을 분석한 결과, 공유형, 거미줄형, 연계형 등 다양한 교과 간 통합유형을 제시하였으며 융합 자체가 목적이 아니라 학생의 융합적 사고력과 창의성을 신장시킬 수 있는 방법으로 프로그램이 개발되고 있었다고 하였으며, 김근옥(2014)은 초등 영재를 대상으로 수학 중심의 융합 수업을 적용한 결과, 수학을 중심으로 다른 교과 과정이 융합되었을 때 흥미와 집중도가 높아진다고 하였고, 인지적 영역과 정의적 영역 모두에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다.

중등학교 학생들을 대상으로 한 STEAM 관련 연구를 살펴보면, 이정현(2012)은 중학교 1

학년층을 대상으로 STEAM 교육을 적용하였더니 문제해결력과 수학적 태도에 있어 유의미한 차이를 보이지는 않았으나 중위집단의 문제해결력과 수학적 호기심, 수학적 가치의 하위 영역에 있어 차이를 보인 것으로 나타났으며, 서보라(2012)는 고등학교 1학년층을 대상으로 건축과 수학을 융합한 교수학습 내용을 개발하여 적용한 결과, 활동을 통한 다양한 지식의 융합능력과 수학 교과외의 흥미 유발에 긍정적 효과를 가져왔다고 판단하였다.

수학 교과가 아닌 타 교과에서는 주로 과학 교과와 관련된 연구물을 살펴볼 수 있었다.

초등학교 저학년 학생들을 대상으로 연구한 서주희, 신영준(2012)은 STEAM 교육을 활용한 과학수업이 초등학교 저학년 학생의 과학적 내용지식 형성에는 큰 영향을 미치지 않았으나 학습흥미와 자신감에는 영향을 주었다고 하였으며, 권순범 외(2012)는 STEAM 기반 통합교과학습이 일반적인 학습보다 과목 간 긴밀한 관계를 잘 구축하여 창의적 인성 향상에 긍정적인 효과를 가져왔다고 판단하였다. 이와 같이 타 교과의 연구는 대체로 정의적 영역의 변화를 검증하고자 하였다.

이렇듯 교육 현장에서 STEAM을 적용한 프로그램 개발과 수업 적용에 대한 관심은 계속되고 있다. STEAM 연구 동향을 살펴본 바, 초등학교보다 주로 중, 고등학교의 사례를 접할 수 있었으며 홍유경(2016)도 수학교육에서 융합인재교육에 대한 연구 동향의 연구 대상별 분석 결과, 중학생의 비율이 가장 높다고 하였다. 초등학교는 대체로 고학년 또는 영재학생을 대상으로 한 프로그램과 적용 사례의 정의적영역의 효과 검증에 머물고 있었으며 정의적영역의 효과 또한 질적 분석 중심으로 수학교과에 대한 태도를 판단하는 편이었다.

본 연구에서는 미국의 STEM 연구와 같이 인지적 영역의 긍정적인 변화가 STEAM 교육의 활성화를 이끌 수 있다고 판단하였기에 초등학교 3학년 학생을 대상으로 문제해결력의 효과성을 검증하고 이에 따른 양적 분석 방법으로 자기효능감의 변화도 살펴보고자 하였다. 그리고 연구 방향 설정에서 ‘융합’은 ‘연결성’의 확장된 의미로 다양한 교과의 속성을 고려한 수학적 의미와의 연결성으로 이질적인 내용들을 통합하여 새로운 형태의 확장이나 변형을 시도하는 것으로 보았다. 이를 통하여 수학 개념 자체를 보다 깊고 넓게 이해하도록 하여 주어진 수학 개념을 새로운 관점에서 보거나 확장하여 보도록 하였다.

Ⅲ. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구의 실험을 위하여 D광역시 소재 C 초등학교 3학년 학생들을 대상으로 사전 문제해결력 검사를 통하여 동질성이 검증된 실험 집단(남16명, 여13명)과 비교 집단(남17명, 여12명)을 선정하였다.

연구 대상 학생들이 재학하는 학교는 소재 특성상 사회, 경제적 수준이 평균이상이며 학생들의 학업성취도는 중위 수준 이상이다. 학교 주변이 아파트 단지, 공공기관, 문화시설 등이 있는 전형적인 도시학교로 학부모의 관심이 높은 편이고 학교 정규 수업 이외의 방과 후 활동도 활발하게 이루어지고 있다.

2. 연구 설계

본 연구는 2016년 2월부터 2016년 9월까지 약 8개월간에 걸쳐 진행되었으며, 실험 집단

과 비교 집단을 선정하기 위하여 사전검사를 통해 두 집단이 동질집단임을 밝혔다. 수업 처치는 실험 집단에 STEAM 기반 수학 교과 중심 수업을 총 3주간 14차시 3학년 1학기 수학 교육과정의 2단원 ‘평면도형’을 적용하였으며, 비교 집단은 2009 개정 교육과정에 따른 교과서로 일반적인 수학 수업을 실시하였다.

문제해결력 사후 검사는 14차시 수업이 종료된 후 실험 집단과 비교 집단에 모두 실시하였으며 자기효능감 사후 검사는 실험 집단에 한해 실시하였다. 그리고 STEAM기반 수학 수업 후 사후 문제해결력 결과에 따라 상(80점초과), 중(60-80점), 하(60점미만)로 구분하여 수준별 면담을 실시하여 응답을 분석하였다. 구체적인 실험설계모형은 <표 2>와 같다.

<표 2> 연구의 설계 모형

집단	사전	처치	사후
실험반	O1, O2	X1	O3, O4
비교반	O1	X2	O3

O1 : 문제해결력 사전 검사 O2 : 자기효능감 사전 검사
 X1 : STEAM 기반 수학 수업 적용 X2 : 일반적인 수학 수업 적용
 O3 : 문제해결력 사후 검사 O4 : 자기효능감 사후 검사

3. 검사 도구

가. 문제해결력 검사

본 연구에서 사전 문제해결력 검사지는 초등학교 3학년 이전 ‘도형’ 영역 관련 단원의 학습 내용을 바탕으로 문항을 구성하고 현직 동학년 교사와 수학교육 전문가의 조언을 받아 제작하였다. 문항은 총 10문항으로 배점은 각 문항의 점수를 10점으로 하여 100점으로 환산하였다. 문제해결력 검사지의 구성은 <표 3>과 같다.

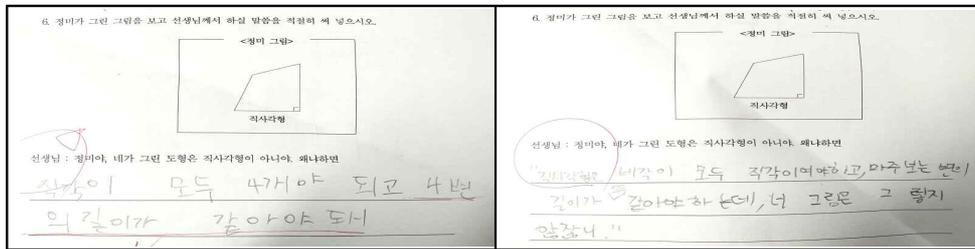
<표 3> 사전 문제해결력 검사지의 구성

문항	학습 내용	문제 유형	비고
1	변과 꼭짓점 알기	서답형	문항 당 10점, 필요시 부분점수 부여
2	사각형의 정의	서술형	
3	삼각형의 정의	서술형	
4	사각형 물건 찾기	서답형	
5	삼각형 찾기	서답형	
6	삼각형과 사각형 그리기	서술형	
7	삼각형과 사각형 분류하기	서답형	
8	원 찾기	서답형	
9	오각형과 육각형 알기	서술형	
10	규칙 찾아 설명하기	서술형	

사후 문제해결력 검사지는 3학년 1학기 ‘평면도형’ 단원의 학습내용을 바탕으로 문제해결력의 차이를 알아보기 위해 실시하였으며 문항별 배점은 사전 검사지와 동일하다. 이 검사지는 한국과학창의재단에서 탑재한 평가문항 개발 자료를 참고로 하여 동학년 교사 및 수학 교육 전문가의 조언을 받고 수정 및 보완하여 제작하였다. 문제해결력 검사지의 구성과 채점의 예는 다음과 같다.

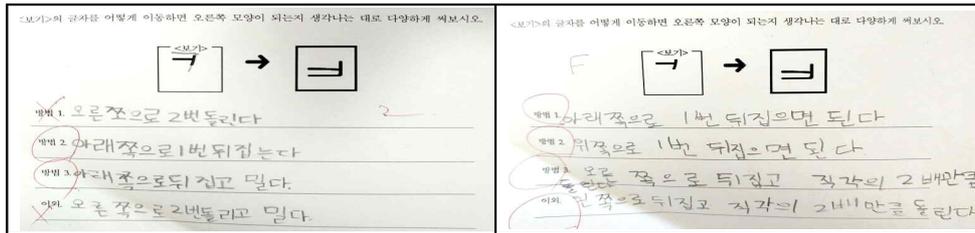
<표 4> 사후 문제해결력 검사지의 구성

문항	학습 내용	문제 유형	비 고
1	선분, 반직선, 직선의 구분	서답형	문항 당 10점, 필요시 부분점수 부여
2	도형 뒤집기	서답형	
3	직각 삼각형 그리기	서술형	
4	각 찾고 설명하기	서술형	
5	사각형 그리고 구분하기	서술형	
6	직사각형 정의	서술형	
7	도형 밀기, 뒤집기, 돌리기	서술형	
8	도형 돌리기	서술형	
9	도형의 이동	서술형	
10	규칙적인 무늬	서술형	



문항 6의 5점 받은 예

문항 6의 10점 받은 예



문항 9의 5점 받은 예

문항 9의 10점 받은 예

[그림 1] 문항 6과 문항 9의 채점 예

나. 자기효능감 검사

본 연구에 사용된 수학적 자기효능감 검사지는 김아영, 박인영(2001)이 제작한 학업적 자기효능감 척도를 활용하여 수정·보완한 김경아(2010)의 질문지를 수정하여 초등학교 2학년에게 적용한 김은지(2015)의 검사지를 사용하였다. 또한 연구 대상이 아닌 5명의 학생에게 예비 검사를 실시하여 문항 해석의 이상 유무를 확인한 후 적용하였다.

이 검사지는 학습자의 수학 문제를 풀 가능성, 수학 관련 과제를 수행할 가능성, 또는 수학 관련 과정에 성공할 가능성에 대한 개인적 판단을 측정하기 위해 수학 과제난이도 선호(10문항), 수학 자기조절 효능감(10문항), 수학 자신감(8문항)의 세 가지 세부요인으로 구성되어 있다. 점수는 5점 Likert 척도로 각 문항에 대해 ‘전혀 아니다’ 1점, ‘대체로 아니다’ 2점, ‘보통이다’ 3점, ‘대체로 그렇다’ 4점, ‘매우 그렇다’ 5점으로 채점하였다. 그러나 부정형 문항에 대한 학생들의 반응 점수는 통계처리를 위해 데이터 입력과정에서

역채점 처리를 하였다. 수학적 자기효능감을 측정하기 위한 질문지의 적절성을 판단하기 위한 내적 신뢰도계수는 .907이고, 수학적 자기효능감 검사도구의 하위요인과 신뢰도는 다음 <표 5>와 같이 나타나 각 문항 간 내적 일치도가 매우 높다고 볼 수 있다.

<표 5> 수학적 자기효능감 검사도구의 문항구성 및 신뢰도

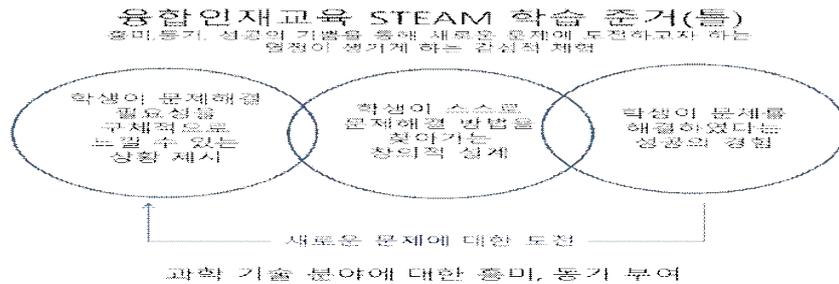
세부요인	문항번호	문항수	Cronbach's α
수학 과제난이도 선호	(1), (2), (3), (4), 5, 6, 7, 8, 9, 10	10	.946
수학 자기조절 효능감	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	10	.886
수학 자신감	(21), (22), (23), (24), (25), (26), (27), (28)	8	.791
수학적 자기효능감 전체		28	.907

※ ()안의 문항은 역채점 문항

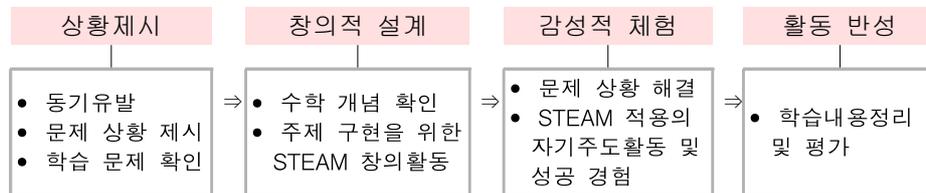
IV. 연구의 실제

1. 본 프로그램의 교수·학습 모형 준거

본 연구에서는 프로그램 개발 시 수업유형의 단계 설정에서 한국과학창의재단(2015)에서 제시한 [그림 2]와 같은 STEAM 교육의 학습준거(상황제시-창의적 설계-감성적 체험)를 참조하여 [그림 3]으로 재구성하였다.



[그림 2] STEAM 학습준거



[그림 3] 재구성한 STEAM 기반 수학 교수·학습 모형

상황 제시에서는 학생의 관심을 불러일으킬 수 있는 실제 생활 상황을 제시하여 학생들의 자신의 문제로 인식하여 몰입할 수 있도록 한다. 창의적 설계는 학습자들이 주어진 상황에서 지식, 제품, 작품, 등과 같은 산출물을 구성하기 위하여 창의성, 효율성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정이다. 감성적 체험은 학생이 학습에 대한 긍정적 감정을 느끼고 성공의 경험을 하는 것으로, 학생이 학습 과정에서 학습에 대한 흥미, 자신감, 지적 만족감, 성취감 등을 느끼고 학습에 대한 동기유발, 욕구, 열정, 몰입의 의지가 생겨 개인적 의미를 발견하는 선순환적인 자기주도적 학습을 가능하게 하는 모든 활동과 경험을 의미한다(백운수 외, 2012).

2. STEAM 프로그램의 개요

STEAM 프로그램을 구성하기 위하여 2009 개정 교육과정의 3학년 1학기 2단원 ‘평면도형’의 내용을 살펴보았다. 이 단원에서는 생활 속 예를 통해 각과 직각을 이해하고, 그리기, 만들기, 놀이하기 등의 다양한 조작 활동이 타 교과와 연계되는 등 활동적 요소가 이를 반영하고 있다. 또한 이전 교육과정의 ‘평면 도형의 이동’ 과 관련 내용은 차시를 통합하여 중복적인 내용을 배제하고 학생들이 활동 중심으로 개념을 익혀 보다 가시적으로 창의적 생각을 하도록 의도하였다. 따라서 본 연구자는 융합적 접근을 보다 강화하여 연계할 수 있는 요소를 찾아 수학 교과 중심의 융합이 되도록 재구성하였다. 정규 교육과정 운영에 맞추어 14차시에 해당하는 수학 중심의 융합 프로그램을 구성하였고, 학생들의 활동시간과 내용적 요소의 통합에 따라 연차시 수업으로 운영하였다. 프로그램의 차시별 주제와 수업 내용 및 활동을 정리하면 <표 6>과 같다.

<표 6> STEAM 프로그램 단원의 개요

차시	주제	학습 목표	주요 학습 활동	STEAM 요소
1~2	선분, 반직선, 직선 알아보기	굽은 선과, 곧은 선, 선분, 반직선, 직선의 차이점을 알고 나타낼 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 사진에서 볼 수 있는 선의 모양 찾기 · 선분, 반직선, 직선의 개념 알기 · 몸짓으로 선 표현하기 · 선에 변화를 주어 나타내기 	T-E-A-M
3~4	각(직각) 알아보기	생활 속 예를 통해 각과 직각을 이해할 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 빛이 나아가는 모양으로 이루어지는 도형의 모양 살피기 · 각과 직각의 개념 알고 그리기 · 생활에서 개념 확장하기 	S-T-E-A-M
5	직각삼각형 알아보기	예와 반례를 통해 직각삼각형을 찾고, 여러 가지 방법으로 표현할 수 있다.	<ul style="list-style-type: none"> · 삼각형 예를 통해 직각삼각형 찾기 · 직각삼각형의 다양한 형태를 통해 개념 알기 · 여러 가지 직각 삼각형 그려 보고 만들기 · 직각 삼각형의 변화 예상하기 	T-E-A-M

6-7	직사각형과 정사각형 알아보기	직사각형과 정사각형을 알고 여러 가지 방법으로 표현할 수 있다.	· 사진에서 볼 수 있는 사각형의 모양 알기 · 직사각형의 두 가지 형태를 통해 개념 형성하기 · 사각형 그리고 만들기	E-A-M
8-9	도형 뒤집기	도형을 여러 방향으로 뒤집어보고, 뒤집은 뒤의 도형을 알 수 있다.	· 도형을 뒤집은 뒤의 모양 예상하기 · 문자를 새기기 전후 모양 비교하기 · 지우개에 이름 새겨보기 · 이름 도장 이용한 무늬 찍기	E-A-M
10-11	도형 밀기, 뒤집기, 돌리기	도형을 여러방향으로 밀어보고, 뒤집고 돌려보고 이동한 뒤의 도형을 알 수 있다.	· 생활 속 무늬 특징 살펴보기 · 앱 활용 도형 뒤집기와 돌리기 · 자석을 이용한 밀기와 돌리기 · 자석의 성질을 이용한 도형이야기 꾸미기	S-T-E-A-M
12-13	도형 밀기, 뒤집기, 돌리기를 이용한 규칙적인 무늬 만들기	도형의 이동을 활용하여 자신만의 규칙적인 무늬를 만들 수 있다.	· 에스허르의 작품 감상하기 · 도형의 규칙성 탐구하기 · 도형의 프랙탈 표현하기 · 내가 만든 프랙탈 소개하기	T-E-A-M
14	공부를 잘했는지 알아봅시다.	단원에서 배운 내용을 확인한다.	· 단원에서 배운 내용 정리하기	.

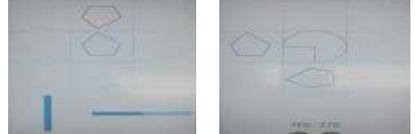
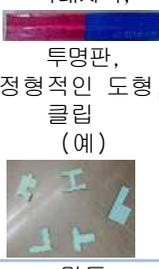
본 프로그램은 수학 교과를 중심으로 과학, 기술, 공학, 예술 등의 내용이 융합되도록 설계되었으며 3학년 수준에서 다소 다루기 힘든 개념인 기술, 공학 영역은 최소한의 요소만 융합하였다. 그리고 수학 교과를 중심으로 하기 때문에 학생들의 흥미를 높일 수 있는 예술(Arts)의 요소가 많이 접목되었다. 이는 STEAM 교육에 관한 최초의 논문 발표와 관련되며 기존의 STEM 교육에 예술을 포함한 STEAM 교육을 함으로써 실생활과의 관련성을 더욱 높일 수 있고 학생들의 흥미도 높아지는 수업을 할 수 있다고 하였다(Yakman & Kim, 2007). 프로그램은 기본 학습준거 틀에 따라 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험을 매 차시 단계로 선정하고 마지막 단계에 활동 반성을 덧붙여 학습 정리 및 평가가 이루어지도록 하였다. 그리고 단원의 마지막 차시에는 기존의 일반적인 교육과정 형태와 같이 단원평가로 마무리하였다. 이는 이전 단계의 프로그램이 잘 수행되었는지 확인하는 문제해결력의 측정 요소가 포함된 문항으로 구성하였다.

3. 수업 모델을 적용한 교수·학습안 및 활동 사례

매 차시 STEAM 기반 교수·학습 모형 준거에 따라 활동이 진행되며 공통적으로 마지막 단계인 ‘활동 반성’은 해당 차시에 공부한 내용을 정리하며 배움을 평가하고 수업소감을 나누는 것으로 마무리한다. 그리고 수업 자료 중 학생용 생각 스케치북은 주로 수학 학습장에 표현하기 힘든 그림이나 산출물 관련 활동에 사용되었다. STEAM 기반 수학 수업 모델을 적용한 교수·학습안과 구체적인 활동의 예시는 다음과 같다.

<표 7> 수업 모델을 적용한 교수·학습안

단 원 (차시)	2.평면도형 (10-11/14)	수업 개요	주어진 도형의 밀기, 뒤집기, 돌리기	대상	3학년	
학습주제	도형 밀기, 뒤집기, 돌리기					
학습목표	● 도형을 여러 방향으로 밀어보고, 뒤집고 돌려보며 이동한 뒤의 도형을 알 수 있다.	S	T	E	A	M
		○	○	○	○	○
교과 연계성	과학, 창의적체험활동(자율활동), 예술-미술, 국어					

학습 단계	활동 주제	교 수 - 학 습 활 동	STEAM 요 소	수업자료
상 황 제 시	생활 속 무늬 특징 살펴보기	<ul style="list-style-type: none"> ●포장지 디자인 속 무늬 특징 살펴보기 -지우개 도장을 이용한 무늬 살펴보기 -생활 속 포장지 디자인 속 무늬 살펴보기 -무늬가 어떻게 만들어졌는지 생각 나누기 	A	지우개도장 무늬, 포장지 무늬 
창 의 적 설 계	도형 뒤집기와 돌리기	<ul style="list-style-type: none"> ●도형의 뒤집기와 돌리기 변화 알기 -도형을 뒤집고 돌렸을 때의 도형 알아 보기 -뒤집고 돌린 도형과 돌리고 뒤집은 도형 비교하기 ●도형의 뒤집기와 돌리기 앱 실행하기 -뒤집기와 돌리기 앱 실행을 통해 도형의 이동 확인하기 	M T	투명 판, 예시 도형  태블릿PC 
	자석을 이용한 밀기와 돌리기	<ul style="list-style-type: none"> ●막대자석의 성질을 이용한 밀기와 돌리기 -비정형적인 모양 그려 오리기 -자석의 성질을 이용한 여러 방향으로 밀 기 -자석으로 모양의 한 점 잡아 돌려보기 -밀기와 돌리기 이후의 도형 모양 알기 	S E	막대자석, 투명판, 비정형적인 도형, 클립 (예) 
	자석을 이용한 도형 이야기	<ul style="list-style-type: none"> ●밀기와 돌리기를 이용한 놀이하기 -밀기, 돌리기 성질 이용하여 이야기 구성 하기 -이야기 발표 연습하기 	A	만든 비정형적인 도형, 역할놀이대본 

감 성 적 체 험		-모둠 간 발표를 통해 상호평가하기		
활 동 반 영	학습 정리 및 검토	<ul style="list-style-type: none"> ● 배움 정리 및 평가 -공부한 내용 정리하며 배움 떠올리기 -공부한 내용 평가하기 -짝과 수업소감 나누기 		

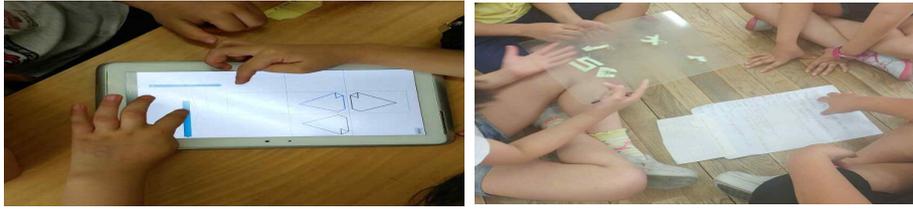
(활동) 10~11차시 도형 밀기, 뒤집기, 돌리기

(1) 상황제시: 본 차시에서는 도형의 이동과 관련된 원리(밀기, 뒤집기, 돌리기)를 구분없이 통합하여 학습해보았다. 지난 시간 완성한 지우개 도장을 이용한 뒤집기 원리를 상기하고, 무늬찍기를 한 작품을 살펴보며 뒤집기 외에 어떤 이동이 활용되었는지 이야기해보았다. 또한 밀기와 돌리기 이외 뒤집고 돌렸을 때의 도형을 확인해보았다.

(2) 창의적 설계: 도형 돌리기, 도형 뒤집고 돌리기의 원리를 알아보았다. 투명 판 위에서 도형의 이동 전과 이동 후 모양을 비교할 수 있었다. 학생들은 뒤집기보다 돌리기를 더 어려워하였다. 따라서 직각만큼, 직각의 2배, 직각의 3배, 한 바퀴(제자리)의 4가지 각도로 살피고, 또한 시계방향과 반시계방향으로 돌리기의 결과를 추측하고 확인하는 과정을 스스로 해보도록 하였다. 여러 번 반복을 통해 개념이 정착되는 것처럼 보였으나 활동 자체를 힘들어하는 학생도 있어 이후 평가를 통한 피드백이 필요하였다. 그리고 뒤집기와 돌리기는 태블릿 PC로 해당 앱을 실행시켜 자유롭게 도형을 만들어보고 해당 변환을 실행하기 전과 후로 즉각 확인할 수 있었다.

(3) 감성적 체험: 과학(S)의 융합 요소를 가져와 자석의 성질을 이용한 이동을 활용해보았다. 이전 단계와 연계하여 3학년 수준에 알맞은 역할놀이(A)의 흥미와 활동성으로 자석의 성질을 이용한 도형 이야기를 꾸며보았다. 단, 이야기 진행 과정에서 도형의 이동이 활용되어야하므로 수학적 개념을 적용해볼 수 있었다. 이전에는 주로 교사가 제시한 도형으로 학습하였으나 비정형적인 도형을 조건으로 학생들이 제작한 모양을 가지고 활동하였다. 학생들은 과학 시간에 학습한 자석 활동에 관심이 많았기 때문에 몰입하며 즐거워하였다. 활동 이후 투명 판 위에 만든 도형을 올려두고 자석으로 이를 움직이며 스토리 형식으로 발표하였다. 모둠별 이야기 구성에 차이는 있었지만 대부분 활동 목표에 근접하였다.

다음 [그림 4]는 태블릿 PC로 앱 활동(T)장면과 자석을 이용한 도형이야기 발표 장면이다.



[그림 4] 도형 돌리기 앱 실행 및 자석을 이용한 이야기 발표

V. 결과 분석

1. 문제해결력 검사 결과 분석

가. 사전 검사 결과

본 연구에서는 실험처치를 수행하기 전 연구 대상을 실험 집단과 비교 집단으로 나누고 SPSS를 이용한 t-검정을 통해 두 집단이 동질 집단인지 검증해보았다. 연구 대상의 사전 문제해결력 검사 결과를 나타내면 다음의 <표 8>과 같다.

<표 8> 문제해결력 사전 검사 결과

변인(집단 구분)		N	평균	표준편차	평균의 표준 오차	t	p
문제 해결력	실험집단	29	97.8966	4.67015	.86723	1.940	.059
	비교집단	29	94.5517	8.02490	1.49019		

($p > .05$)

실험처치 이전 문제해결력을 비교하면, 실험 집단의 평균이 비교 집단에 비해 조금 높게 나타났으나 유의수준 5%에서 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타나 본 연구에서 선정한 실험 집단과 비교 집단은 동질집단임을 확인할 수 있었다.

나. 사후 검사 결과

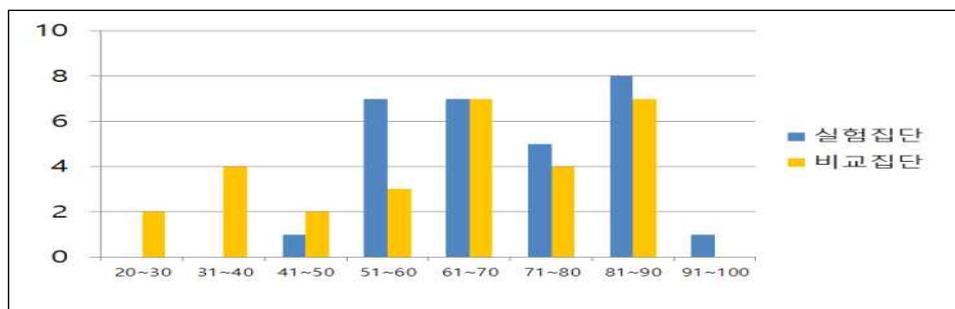
사후 검사의 문제해결력은 문제를 해결하는 과정에 중점을 두어 적용 프로그램과 관련된 문제를 제시하여 학습 내용을 다시 탐구해 볼 수 있도록 문항을 구성하였다. 이는 단지 문제의 답을 구하기보다 문제를 해결하는 과정에 중점을 두었다. STEAM 기반 수학 수업을 진행한 이후 문제해결력 검사 결과를 나타내면 다음 <표 9>와 같다.

<표 9> 문제해결력 사후 검사 결과

변인(집단 구분)		N	평균	표준편차	평균의 표준 오차	t	p
문제 해결력	실험집단	29	72.0690	13.22047	2.45498	1.873	.067
	비교집단	29	63.7241	20.01945	3.71752		

($p > .05$)

STEAM 기반 수학 수업을 진행한 후 문제해결력에 있어 실험 집단의 평균 점수가 비교 집단에 비해 8점 이상 높게 나왔다. 이것이 통계적으로 의미가 있는지 알아보기 위해 t-검정을 실시하였으나, 유의수준 5%에서 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($t=1.873$, $p=0.067$). 즉, 평균 점수의 차이는 크나 그 차이가 통계적으로 유의미한 결과를 보이지는 않았다. 이러한 결과는 실험 집단에 비해 비교 집단의 수준별 점수 차이가 커서 표준편차의 차이로 통계적 검증이 유의미하지 않은 것으로 판단된다. 또한 실험 집단의 표준편차가 비교 집단에 비해 적게 나타나 실험 집단 학생들의 문제해결력 결과가 고르게 분포함을 알 수 있다. 두 집단에 대한 사후 문제해결력 검사 결과를 그래프로 나타내면 다음의 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 사후 문제해결력 검사 결과에 따른 점수 분포별 학생 수

이와 같은 결과를 토대로 각 집단별로 면담을 실시하여 수준별 반응을 살펴보았다.

비교 집단의 수준별 면담을 실시한 결과, 상(90점), 중(65점) 수준의 학생은 9번 문항을 제외하고 평이하다고 답하였으며, 하(35점) 수준의 학생은 2번, 6번, 7번, 8번, 9번 문항 등 거의 50%이상 문항 해석이 힘들었다고 답하였다. 대부분 7, 8, 9번 문항에서 중, 하 수준의 학생들은 답을 못하거나 오답을 범하였다. 특히 다양한 응답을 요구하는 9번 문항에서 상 수준의 학생도 2개정도 답을 하는데 그쳤다.

이어 실험 집단의 수준별 면담을 실시한 결과, 상(90점) 수준의 학생은 9번 문항에 4개 모두 정답을 하였으며, 생각하는 데 시간이 소요되었지만 문제에 대한 어려움은 없었다고 한다. 사전 문제해결력 검사에서 가장 낮은 점수를 받았던 학생의 점수가 하(60점) 수준이지만 2개 정답을 표하여 문제해결력에 대한 응답률이 저조하진 않았다. 특히 7, 8번 문항에서 비교 집단에 비해 중, 하 수준 학생들의 응답률이 높았다. 학습자의 특성을 고려하여 사전, 사후를 비교해보았을 때 특히 실험 집단의 하위 10% 학생들의 문제해결력 향상이 두드러졌다. 따라서 비교 집단에 비해 실험 집단의 수준별 점수 격차가 크지 않았으므로 통계적으로 유의미한 결과가 나오지 않았음을 알 수 있다. 이러한 연구결과는 고영옥(2014)이 초등학교 6학년에게 수학 기반 STEAM 프로그램을 적용하니 학업성취도 면에서는 통계적으로 유의미한 차이를 발견하기 힘들었다고 하나 동일한 난이도 구성의 검사지 실시 결과 사전·사후 비교에서 사후 학업성취도 검사의 평균이 상승한 것으로 보아 영향력이 있었다고 판단한 결과와 유사하다. 그리고 김경희(2013) 역시 초등학교 6학년에게 스토리텔링을 활용한 수학 중심의 융합 프로그램을 적용하여 학생들의 수학적 지식 형성에 유의미한 결과를 얻을 수 있었다고 하였다. 또한 상위권 학생들뿐 아니라 하위권 학생들의 경우에도 집중도와 참여도가 향상되어 형성된 지식을 바탕으로 산출물을 성공적으로 제작

하는 결과를 보였다고 하여 본 연구와 같이 잠정적으로 중, 하위 수준집단의 적용 효과를 시사한다.

본 연구에서 STEAM 기반 수학 수업이 문제해결력에 미치는 영향을 분석해볼 때, STEAM 기반 수학 수업이 문제해결력의 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 짐작할 수 있으나 효과성에 대한 결과를 도출하기 위해서는 보다 심층적이고 지속적인 연구가 요구된다.

2. 자기효능감 검사 결과 분석

본 연구에 사용된 검사지는 김아영, 박인영(2001)이 제작한 학업적 자기효능감 척도를 활용하여 수정·보완한 김경아(2010)의 질문지를 초등학교 저학년에 적합하도록 수정하여 사용한 김은지(2015)의 검사지를 사용하였다. 이 검사지를 STEAM 기반 수학 수업을 실시한 실험 집단에 적용하여 사전, 사후 변화가 있었는지 알아보았다. 통계 처리한 t-검정 결과는 다음과 같다.

<표 10> 실험 집단의 수학적 자기효능감 전후 검사 결과

영역		평균	표준편차	평균의 표준 오차	t	p
수학 과제 난이도 선호	사전	3.176	.637	1.162	-3.520	.001**
	사후	3.73	.770	1.405		
수학 자기조절 효능감	사전	3.5	.523	.956	-2.208	.035*
	사후	3.876	.771	1.408		
수학 자신감	사전	4.675	.339	.619	.555	.583
	사후	4.604	.396	.723		
자기효능감 전체	사전	3.724	1.174	2.142	-2.415	.022*
	사후	4.032	1.697	3.097		

(**p<.01, *p<.05)

자기효능감 전체를 살펴보면, STEAM 기반 수학 수업을 진행한 실험 집단의 자기효능감 t-검정결과가 유의수준 5%에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 또한 자기효능감의 하위 요소를 살펴보면, 수학 과제난이도 선호와 관련하여서는 1% 유의수준에서 통계적으로도 유의미한 차이를 보였으며 수학 자기조절 효능감에서는 유의수준 5%에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었다. 하지만 수학 자신감에서는 유의미한 차이를 보이지 않았는데 이는 사전검사에서 점수가 매우 높게 나타났으며 사전, 사후 평균의 차이가 거의 없으므로 대상 학생들은 수학수업에 대한 불안 요소가 없는 것으로 해석된다. 결국 자기효능감의 3가지 하위 요소에서 STEAM 프로그램을 적용한 이후의 자기효능감이 더 높다는 것을 알 수 있다. 이는 김은지(2015)의 연구에서 스토리메이킹을 활용한 융합인재교육이 초등 저학년의 수학적 자기효능감을 높이는 유의미한 결과를 이끌어내었다는 결과와 유사하다. 또한 이현정(2015)은 중학교 1학년을 대상으로 ‘입체도형’ 단원 수업에 STEAM을 적용한 후 자기효능감 향상에 유의미한 효과가 있었다고 밝히고 있어 본 연구와 같이 학생들이 창의적 설계 단계를 통해 성공 경험을 갖게 됨이 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 예상된다.

따라서 STEAM 프로그램을 통해 학생들은 수학이 타 분야와 연결되어 있음을 알게 되고 스스로 탐구할 기회가 많아지면서 흥미와 참여가 높아지며 문제해결에 대한 관심과 의욕을 일으켜 자신의 능력에 대해 더욱 자신감을 갖게 되었음을 알 수 있다. 그리고 수준별 반응에서 보이듯이 이 STEAM 기반 수업은 상 수준보다 중, 하 수준의 학생들에게 조금 더 효과가 있었다. 이는 기존의 지식을 바탕으로 한 융합적 사고의 경험이 선행 지식의 수준이 높은 학생보다 보다 낮은 학생들에게 영향을 준 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서 STEAM 기반 수학 수업이 자기효능감에 미치는 영향을 분석한 결과 유의미한 수준에서 긍정적인 변화가 있음을 알 수 있었다.

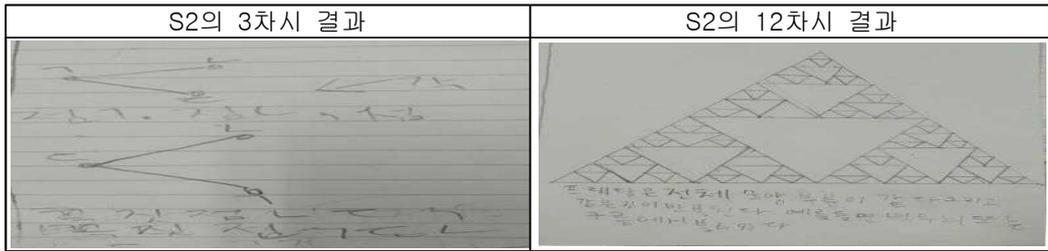
3. 학생 반응 분석

가. 결과물 분석

본 실험을 통한 학생들의 문제해결력 및 융합적 사고의 정도를 확인하기 위해 수업 시간에 활용한 수학 공책 및 활동 결과물을 분석하였다. 대부분의 학생들은 차시가 진행되면서 산출물에 대한 목적의식이 뚜렷해져 과제의 난이도를 의식하지 않고 학생들 스스로 탐구하고 토의하며 결과물을 정확하게 표현하고자 하였다. 변화를 살펴본 대상의 학생들은 학습 수준과 무관하며, 수학에 대한 흥미와 자신감의 부족으로 활동 초기 전반적으로 수업의 참여도가 적은 편이었다. 학생들의 활동 결과물에 대해 구체적인 사례를 중심으로 분석해보면 다음과 같다.

아래의 [그림 6]에서 나타난 바와 같이 학생 S1의 경우를 살펴보면, 활동 초기 결과물(1차시)은 도형을 그리긴 하였으나 이름 붙이기 등의 문제 해결과정 중 개념 정리가 되지 않은 채로 끝나 있었다. 이후 STEAM 기반 수학 수업이 진행되면서 활동 결과물(11차시, 도형 밀기, 돌리기, 뒤집기)을 살펴보면, 보다 꼼꼼하고 분명하게 표현하여 완성도가 있음을 한 눈에 엿볼 수 있다. 또한 문제 해결 과정에 집중력 있게 참여하여 보다 정확하게 표현하고자 하는 모습을 관찰할 수 있었다. 또 다른 예로 S2의 경우를 살펴보면 각에 대해 학습한 내용을 정확하게 인지하지 못한 채 다소 엉뚱한 답을 나타내었다. 이후 차시별 수업이 진행되면서 학습에 자신감을 보이며 특히 프랙탈의 규칙성을 탐구하는 활동(12차시)에서 개념을 정확하게 인식하여 생각을 표현하고자 하였으며 완성도가 높았다. 그리고 이전 수업(3차시) 결과에 대해 면담하였더니 꼭짓점 n 각, 꼭짓점 $n-2$ 이 아닌 ‘각’이라고 나타냄이 맞다고 답하며 본인의 학습을 되돌아보기도 하였다.





[그림 6] 학생들의 차시별 활동 결과의 변화

따라서 STEAM 기반 수학 수업에 대한 결과물을 통하여 학생들의 문제해결력이 사전에 비해 향상되었으며, 기존에 가지고 있던 틀의 닫힌 반응에서 벗어나 표현력과 자신감이 높아졌음을 알 수 있었다.

나. 사후 소감문 분석

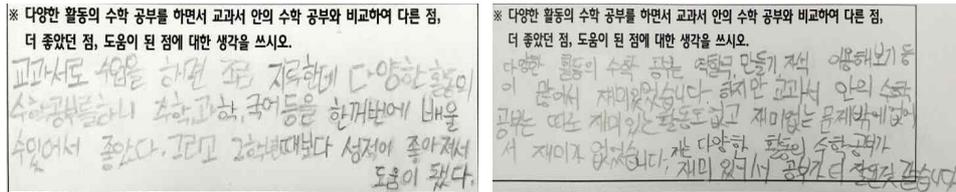
본 실험을 마친 후 STEAM 기반 수학 수업에 대한 반응을 보다 구체적으로 분석하기 위하여 소감문 작성을 실시하였다. 소감문의 문항은 총 4문항으로 이루어져있다.

문항 1은 다양한 수학 활동을 하면서 기억에 남거나 재미있었던 것을 살펴봄으로써 학생들의 활동 과제에 대한 흥미도를 알 수 있으며, 문항 2는 다양한 수학 활동을 하면서 어려웠던 점을 살펴봄으로써 학생들의 수학 활동에 대한 자신감 정도와 과제난이도 반응을 알 수 있다. 문항 3은 STEAM 기반 수학 수업을 통해 자신에게 도움이 된 점을 서술함으로써 문제해결력과 자기효능감의 변화를 분석할 수 있었다. 그리고 문항 4는 STEAM 기반 수학 수업에 대한 전체적인 소감(흥미, 자신감, 성적 향상으로 구분)을 통해 수학 교과에 대한 인식 변화를 알 수 있다.

문항별로 소감문에 나타난 학생들의 응답내용과 분석결과는 다음과 같다. 문항 1에서는 주로 도형의 밀기, 뒤집기, 돌리기를 언급하였다. 과학(S)과 수학(M)을 융합한 자석으로 밀기, 돌리기를 이용하여 이야기(A) 발표에 약 62%의 응답률을 보였고, 미술(A)과 수학(M)을 융합했던 활동인 붓으로 선 그리기, 친구 모습 선으로 나타내기에 약 20% 정도 흥미를 나타냈다. 이외 ‘왜 건물은 사각형 형태가 많을까?’를 그림으로 표현 후 친구들과 비교하니 좋았다고 하였고, 도형 뒤집기를 응용한 지우개 도장 찍기도 기억에 남는 활동으로 남겼다.

문항 2에서는 문항 1에서 흥미도를 많이 보인 도형의 밀기, 뒤집기, 돌리기에 대한 답이 의외로 많았다. 교육과정에 제시된 것만으로 실제 개념을 습득하기 힘든 도형의 이동이 융합 요소를 더한 본 연구의 활동을 거치면서 문제 해결 과정의 어려움을 표현한 것이었다. 하지만 사후 평가에서는 비교 집단에 비해 실험 집단의 평면도형의 이동과 관련된 문항 응답에 높은 정답률을 보였다. 이는 과제 난이도에 대한 긍정적인 효과가 성공 경험으로 드러난 것이라 판단된다.

문항 3에서는 일반 교육과정에 따른 수업과 비교한 STEAM 기반 수학 수업의 효과를 알 수 있었다. 다양한 과목을 접하며 본인이 부족한 분야를 보다 정확하게 판단할 수 있었고 이를 통해 수업에 전념해서 성적이 좋아졌다고 하였다. 학생들이 인식하는 수학이란 문제를 계산하고 푸는 것이었다면 만들기, 그리기 등 다양한 활동이 더해져 즐겁게 수학을 공부할 수 있었다며 긍정적으로 답하였고, 학업성취도 향상에도 도움이 되었다고 하였다. 다음 [그림 7]과 같이 실제 응답의 반응을 살펴 볼 수 있다.



[그림 기 문항 3의 학생 응답

문항 4에서는 수학 교과에 대한 학생들의 인식변화를 알 수 있었다. 나타난 결과를 볼 때, 학생들은 흥미도(48%)에서 반응을 많이 보였으며, 자신감(24%)보다 오히려 학업성취도의 향상(28%)에 가치를 두었다. 학생들은 힘든 과정을 거쳤으나 결과적으로 재미있었고 하면 할수록 흥미가 더해진다는 반응이 많았다. STEAM 기반 수학 수업이 학생 스스로 문제 해결 방법을 찾아가고 해결하는 과정을 통해 융합적 사고력의 발달에 도움을 주었던 것으로 판단된다. 하지만 평소에 수학 교과뿐만 아니라 타 영역의 난이도 있는 과제에서도 힘겨움을 보였던 1명의 학생은 다소 힘들었다는 반응도 함께 표출하였다.

본 연구에서 STEAM 기반 수학 수업에 대한 학생 반응을 분석한 결과, 학생들의 수학적 사고와 태도에서 긍정적인 변화가 있음을 알 수 있었다. 또한 일반적인 수업에서와 달리 STEAM 수업에서는 모듈과 함께 하는 활동이 많아 배려하고 협력하는 과정을 거치며 자신을 돌아보기도 하며 의도하지는 않았으나 인성적인 면에도 성장하는 기회를 접할 수 있었다. 또한 또래 학생들의 의견을 듣고 자신의 생각을 얘기할 수 있는 좋은 기회를 접하며 목표를 위해 나아가는 과정에서 협력적 문제해결력을 지닐 수 있었다.

VI. 결론 및 제언

본 연구에서는 STEAM에 대한 기존 연구들이 대부분 중등 교육과정, 인식전환 등 방향 제시에 머물러 있고, 교육과정의 개편은 계속되나 수학에 대한 흥미도와 자신감은 여전히 떨어져 있음에 대한 현장 연구의 개선 요구에서 착안하여 초등학교 3학년 학생을 대상으로 STEAM 기반 수학 수업이 문제해결력과 자기효능감에 어떠한 영향을 주는지 알아보고 새로운 교수·학습방법 개선에 도움을 주고자 함에 그 목적이 있다. 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, STEAM 기반 수학 수업이 문제해결력에 미치는 영향을 분석한 결과, 통계적으로 유의미하지 않았으나 실험 집단은 비교 집단에 비해 수준별 고른 성취수준과 높은 평균점수를 보였다. 또한 실험 집단의 표준편차가 비교 집단에 비해 적게 나타나 전반적인 학생들의 성취도가 고르게 향상됨을 알 수 있었다. 하지만 이를 통해 단기간의 STEAM 프로그램 적용이 결정적인 영향을 미치는 것으로 판단하기는 어렵다고 보여지므로 장기적인 STEAM 프로그램 연구의 필요성을 시사한다.

둘째, 실험집단을 대상으로 STEAM 기반 수학 수업이 자기효능감에 미치는 영향을 분석한 결과, 자기효능감 전체에서 유의수준 5%에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며 수학 과제난이도 선호와 수학 자기조절효능감에서도 통계적으로 유의미한 효과가 있었다. 특히 과제난이도 선호 요소에 효과가 뚜렷하게 나타난 것으로 보아 학생들

은 기존 교육과정보다 확장된 개념을 받아들이고 다양한 영역을 경험함에 흥미를 느껴 수학 교과에 긍정적인 반응을 보임을 알 수 있었다. 따라서 타 분야와 연계한 수업을 통해 수학 교과에 대한 인식이 변화되리라 기대해본다.

셋째, 학생들의 수학적 사고와 학습에 대해 긍정적인 변화가 나타나는 것을 결과물과 사후 설문지를 통해 알 수 있었다. 수업 결과물에서 단원 학습 초기에 서툴고 의욕을 보이지 않던 학생들이 차츰 수업을 진행하며 수학적 사고의 표현에 자신감을 보이며 문제해결에 대한 긍정적 반응을 보였다. 또한 사후 설문지를 통하여 일반 수업에 비해 차이를 느끼고 수학 교과에 대한 수업 방식 선호를 분명히 표현하기도 하였다. 이는 그리기, 만들기, 역할극하기 등 보다 다양한 문제해결과정을 경험하면서 학생들이 개별적으로 성취 욕구가 강한데 비해 교육과정의 활동 요소가 제한적이었던 것으로 해석되며 다른 단원에서의 프로그램 개발도 교과 수업에 도움을 주리라 판단한다.

이상의 연구 결과를 종합하면, STEAM 기반 수학 수업이 문제해결력과 자기효능감에 긍정적인 영향을 주었음을 알 수 있다. 이를 통해 STEAM 기반 수학 수업은 수학 교과 수업 개선 전략에 효과가 있다고 볼 수 있다. 따라서 다양한 영역에서 수학교과와 타 교과간의 융합 수업 모형을 개발하여 실제 수업에 적용될 수 있도록 후속연구들이 이루어져야 하겠으며 문제해결력에서도 통계적으로 유의미한 결과를 도출하기 위해서는 다양한 관점에서 지속적인 연구가 이루어져야 하겠다. 또한 교원연수강화 등 교수·학습 방법 개선을 위한 현실적 지원이 이루어질 수 있도록 노력하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- 강수현(2013). **초등 교사의 STEAM 교육에 대한 교육적 요구**. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 고영욱(2014). **수학 기반 융합인재교육(STEAM)프로그램 구안 및 적용**. 경인교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 교육과학기술부(2012). **수학교육선진화방안**. 교육과학기술부 보도자료.
- 교육부(2014). **2009 개정 교육과정 교사용 지도서 수학 3-1**. (주)천재교육.
- 권순범, 남동수, 남태욱(2012). STEAM기반 통합교과학습이 초등학생의 창의적 인성에 미치는 영향. **한국컴퓨터정보학회논문지**, 17(2), 79-86.
- 김경아(2010). **교사의 수학교수 효능감과 학생의 학업적 자기효능감, 수학 흥미 및 태도의 관계**. 건국대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김경희(2013). **스토리텔링을 활용한 수학 중심의 융합 프로그램 개발 및 적용**. 광주교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김근욱(2014). **수학 중심의 융합 수업 개발 및 적용에 관한 연구**. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 김아영, 박인영 (2001). 학업적 자기효능감 척도 개발 및 타당화 연구. **교육학 연구**, 39(1), 95-123.
- 김은지(2015). **스토리메이킹을 활용한 융합인재교육이 초등 저학년의 수학적 자기효능감에 미치는 효과**. 경인교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김진수(2012). **STEAM 교육론**. 양서원.
- 남승인, 류성립(2004). **문제 해결 학습의 원리와 방법**. 서울: 형설출판사.
- 류성립(2015). 2009 개정 교육과정에 따른 초등수학교과서의 STEAM 요소분석: 3~4학년군을 중심으로. **한국수학교육학회지**, 18(3), 235-247.
- 류성립(2016). 2009 개정 교육과정에 따른 초등수학교과서의 STEAM 요소분석: 5~6학년군을 중심으로. **한국초등수학교육학회지**, 20(2), 333-351.
- 백윤수, 박현주, 노석구, 이주연, 정진수, 한혜숙, 김영민, 박종윤(2012). **융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구**. 한국과학창의재단 연구보고서.
- 부경임(2012). **초등학교 6학년에 활용할 수 있는 STEAM 학습 자료 개발**. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 부은영(2012). **초등 수학 STEAM 자료 개발-초등학교 5학년 교육과정을 중심으로-**. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 서보라(2012). **수학에 기반을 둔 STEAM 교수학습 내용 개발:건축 속의 수학원리 탐구**. 아주대학교 교육대학원 석사학위논문.

- 서주희, 신영준(2012). 초등학교 저학년을 대상으로 한 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 및 적용 효과. *과학교육논총*, 25(1), 1-14.
- 이효녕, 오영재, 권혁수, 박경숙, 한인기, 정현일, 이성수, 오희진, 남정철, 손동일, 서보현, 안혜령(2011). 통합교육과 STEM 교육에 대한 초등 교사의 인식. *교원교육*, 27(4), 117-139.
- 우정희, 유미현(2013). 영재융합프로그램 개발을 위한 초등 융합인재교육(STEAM) 프로그램 융·통합 유형 사례 분석. *과학영재교육*, 5(2), 82-95.
- 이정현(2012). STEAM 교육 적용 수업이 수학적 문제해결력에 미치는 영향. 국민대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이현정(2015). 수학 교과 중심의 STEAM 교육을 적용한 입체도형 단원 수업이 학습자의 자기효능감 및 수학적 태도에 미치는 영향. 고려대학교 대학원 석사학위논문.
- 임이랑(2012). 초등 수학 STEAM 자료 개발-초등학교 3학년 교육과정을 중심으로-. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 정윤희(2013). 융합인재교육(STEAM)을 적용한 수학 수업이 수학적 태도에 미치는 영향. 부산교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 최윤석(2004). 초등 수학에서 문제 만들기를 적용한 수업이 문제해결력 및 수학적 태도에 미치는 효과. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 최지은, 배종수(2011). 융합형 STEAM교육과 초등수학교육의 연계 방안. 한국초등수학교육학회 연구발표대회 논문집.
- 한국과학창의재단(2015). 융합인재교육 STEAM 학습 준거 검색(틀). Retrieved from <http://steam.kofac.re.kr>.
- 홍유경(2016). 수학교육에서 융합인재교육(STEAM) 연구 동향 분석. 신라대학교 교육대학원 석사학위논문.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavior change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Davis, J. H. (1964). The solution of simple and compound word problems, *System Research and Behavioral Science*, 9(4), 359-370.
- Maes, B. (2010). Stop talking about "STEAM" education! "Teams" is way cooler. Retrieved from <http://bertmaes.wordpress.com/2010/10/21/teams>.
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. VA: NCTM, Inc.
- Polya, G. (1981). *Mathematical discovery: on understanding, learning, and teaching problem solving*. Combined ed. New York: John Wiley & Sons.
- Thorndike, R. L. (1950). How children learn the principles and techniques of problem solving. In N. B. Henry (Ed.), *The forty-ninth yearbook of the National Society for the Study of Education*, Chicago, IL, US.

-
- Yakman, G. (2008). *ST Σ @M Education: an overview of creating a model of intergrative education*, PATT. http://www.steamedu.com/2099_PATT_Publication.pdf
- Yakman, G. & Kim, J. (2007). Using BADUK to teach purposefully Integrated STEM/STEAM education. *37th Annual Conference International Society for Exploring Teaching and Learning*, Atlanta, Georgia. (Oct. 11-13, 2007).

<Abstract>

The Effects of STEAM-based Mathematics Class
in the Mathematical Problem-solving Ability and Self-efficacy

Lee, GaEun⁴⁾; & Choi, JaeHo⁵⁾

The purpose of this study was to identify the effects of convergent approach of mathematics education on students' problem-solving ability and self-efficacy by designing and applying mathematics curriculum based on STEAM. The results are as follows.

First, the test results between the two groups did not show any statistically significant difference in terms of problem solving ability, but the experimental group showed a higher average score than the comparative group. Compared with the standard deviation of the experimental group, It can be seen that the level of difference between students is great. This suggests that STEAM-based mathematics lessons have a positive effect on the problem solving ability of low-level students.

Second, the results of the self-efficacy t-test of STEAM-based mathematics class showed statistically significant results at a 5% significance level. In the sub-domain, the preference for the difficulty of the mathematics task, except math self-confidence and the math self-regulation efficacy, were statistically significant at a 5% significance level. This study shows that STEAM-based mathematics classes have a positive effect on the students' positive aspects. Through the STEAM program, students learn that mathematics is connected with other fields, and it provides an opportunity to explore on their own, and they more became interested, motivated, and achievement. Also, through the results of the STEAM-based mathematics class, it can be seen that the expressive power and self-confidence are increased by using the non-formal representation outside of the existing formal representation center.

The result of this study can be summarized as follows: A STEAM-based mathematics class has a positive effect on problem solving ability and self-efficacy. Therefore, it is interpreted that the application of the STEAM program focusing on mathematics accounts for education effectiveness.

Key words: STEAM-based mathematics class, problem solving ability, self-efficacy

논문접수: 2017. 10. 15

논문심사: 2017. 11. 06

게재확정: 2017. 11. 20

4) angel4fkd@naver.com

5) choijh@dnue.ac.kr